لزوم استفاده از اتصالات در صنعت

اکثر سازه‌ها در صنعت عظیم‌تر و پیچیده‌تر از آنند که به صورت یکپارچه ساخته شوند.

پس قطعات ابتدا به روش‌های مختلف (ریخته‌گری، آهنگری، ماشین‌کاری و ...) تهیه شده و سپس به هم متصل می‌شوند.

انواع اتصالات

الف -اتصال موقت: پیچ ومهره، خار و کشو

ب-اتصال نیمه موقت: پرچ ،لحیم‌کاری نرم و بعضی از چسب‌ها

ج-اتصال دائم :فرایندهای جوشکاری ،لحیم کاری سخت وچسب‌های معدنی و آلی

تعریف جوش

جوش ایده‌آل به محل اتصالی گفته می‌شود که نتوان آن موضع را از محلهای دیگر فلز اصلی تشخیص داد .

در عمل رسیدن به جوش ایده‌آل مقدور نیست ،ولی آنقدر می‌توان خواص اتصال و کیفیت جوش را بالا برد تا اینکه نیازهای صنعتی و تحمل تنش‌ها و بارهای تحمیلی را بتواند تأمین نماید .

عوامل مؤثر بر کیفیت جوش

1- نوع فلز یا آلیاژ
2- روش جوشکاری
3- مواد پرکننده یا Filler Metal
4- تکنیک عملیات جوشکاری
5- نوع اتصال یا Joint Design
6- پارامترهای جوشکاری و عوامل جنبی دیگر (آمپر ، ولتاژ و ....)

تقسیم‌بندی روش‌های جوشکاری

به طور خلاصه هر روش جوشکاری با چهار احتیاج روبرو است:

الف- انرژی بکار رفته: شعله، قوس، مقاومت الکتریکی، تشعشع و...

ب- روش برطرف کردن آلودگی‌های سطح جوش: سرباره، پراندن، مکانیکی

ج- روش محافظت جوش از اتمسفر: لایه سرباره، گاز خنثی، خلأ، تماس نزدیک و...

د- کنترل متالورژیکی جوش: ترکیب شیمیایی، سرعت سرد شدن، ناخالصی‌ها و...

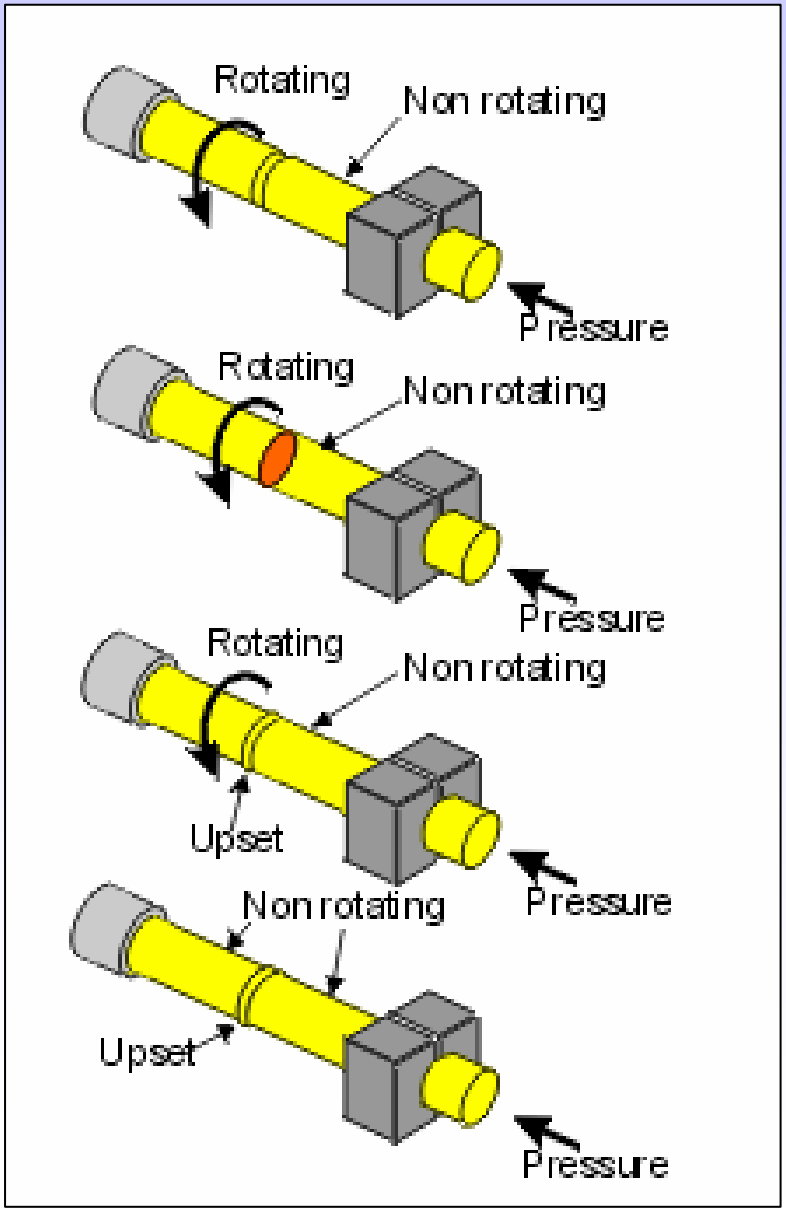
مبنای تقسیم‌بندی روش‌های جوشکاری

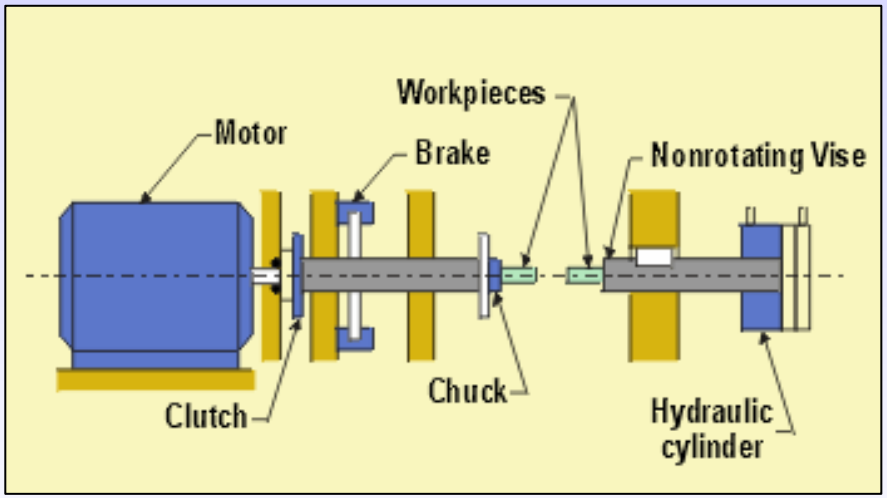
روشهای جوشکاری بر حسب نوع منبع حرارت ،نحوه حفاظت محل جوش از اتمسفر محیط و نوع الکترود)مصرفی یا غیرمصرفی (تقسیم‌بندی می‌شوند .

گروه اول: جوشکاری در حالت جامدSolid State Welding

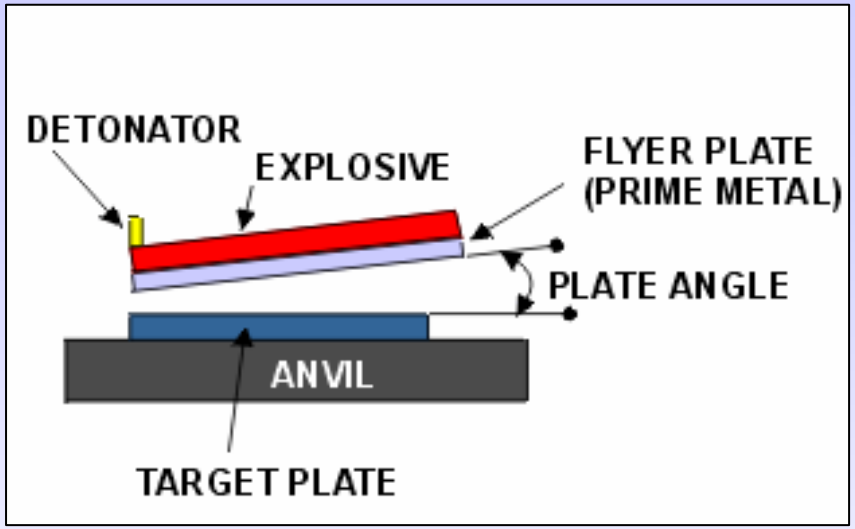
- جوشکاری اصطکاکیFriction Welding
- جوشکاری آهنگری Forge Welding
- جوشکاری انفجاری Explosive Welding
- جوشکاری دیفوزیونی Diffusion Welding
- جوشکاری فشاریPressure Welding

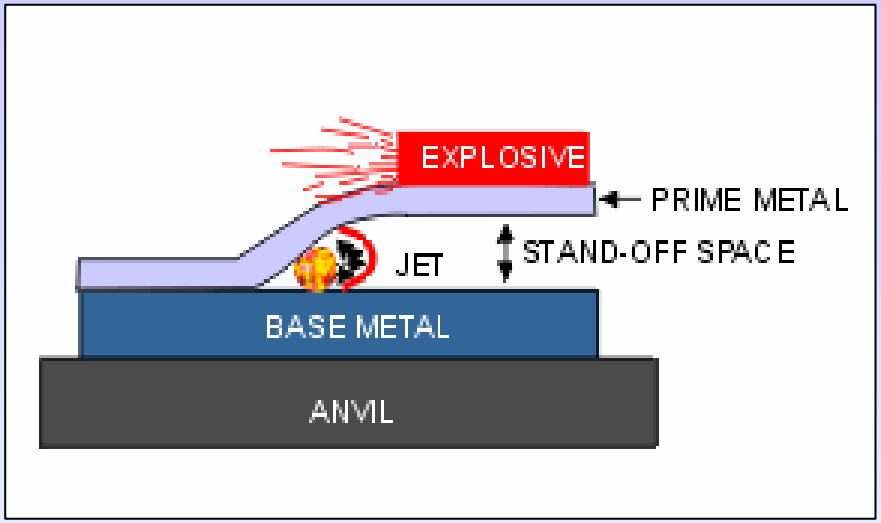
Friction Welding

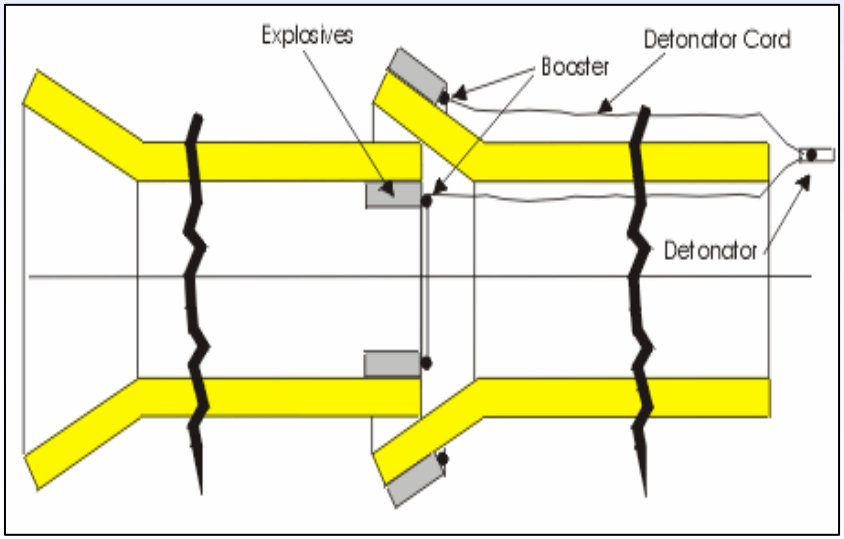


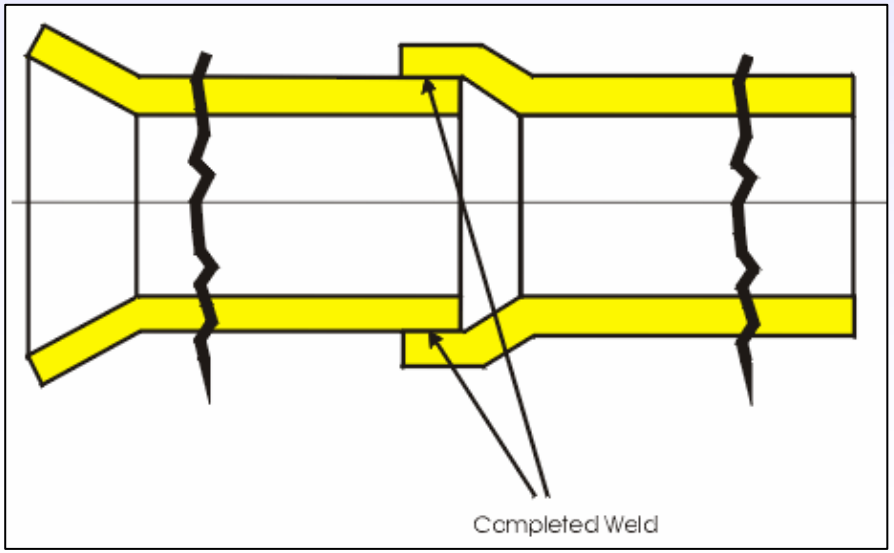


Explosive Welding









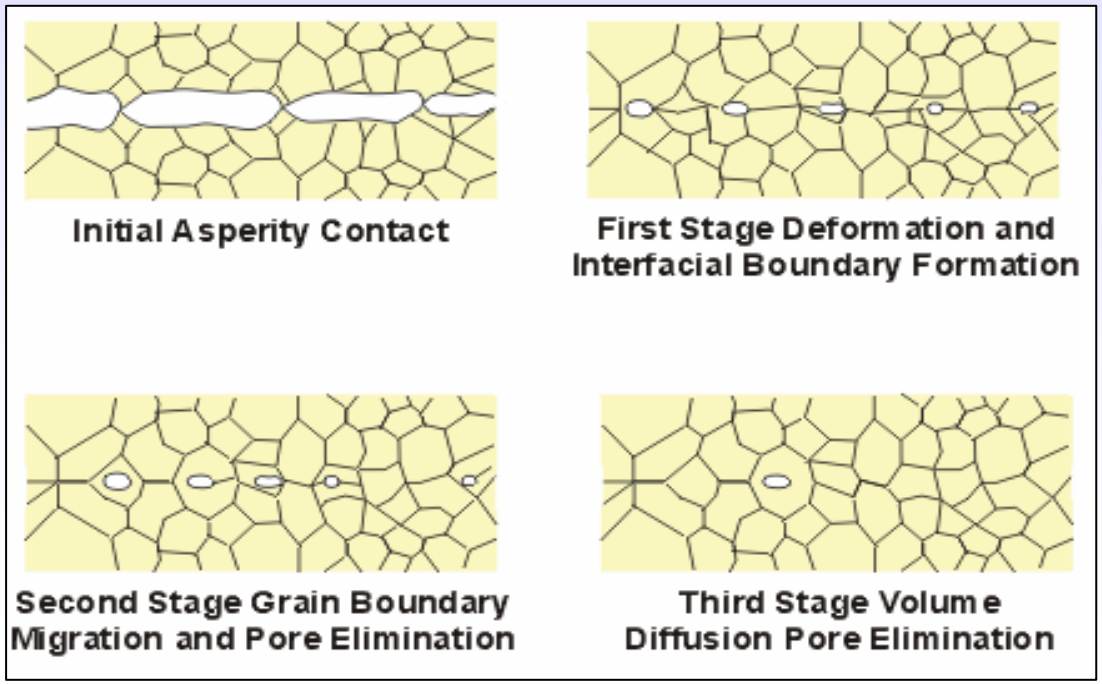
جوشکاری نفوذی Diffusion Welding

فرایند جوشکاری نفوذی درفشار و دما انجام می‌گیرد و شامل سه مرحله است.

1- تغییر فرم و تشکیل مرزهای مشترک

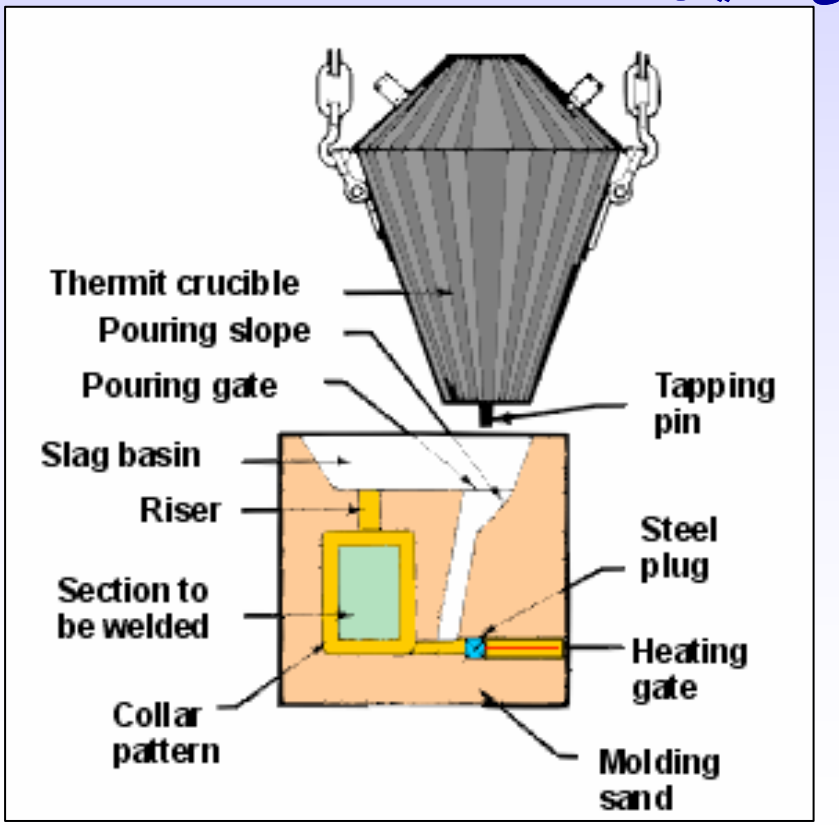
2- مهاجرت مرزدانه ها و از بین رفتن حفرات

3- نفوذ اتم‌ها



گروه دوم:جوشکاری حرارتی- شیمیایی (Thermo Chemical Welding)

-جوشکاری با گاز اکسی‌استیلن (Oxyfuel Gas Welding) و یا
جوشکاری کاربید
-جوشکاری ترمیت



جوشکاری ترمیت

گروه سوم :جوشکاری مقاومتی (Resistance Welding)

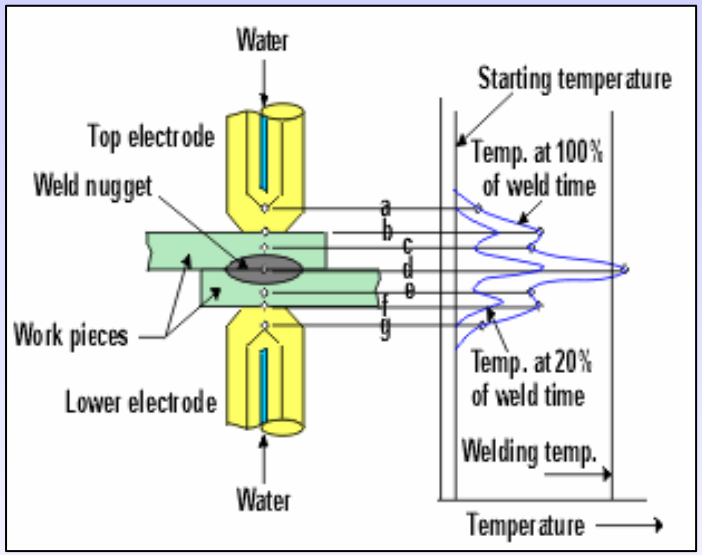
-جوشکاری نقطه‌ای
(Spot Resistance Welding)

-جوشکاری درز
(Seam Resistance Welding)

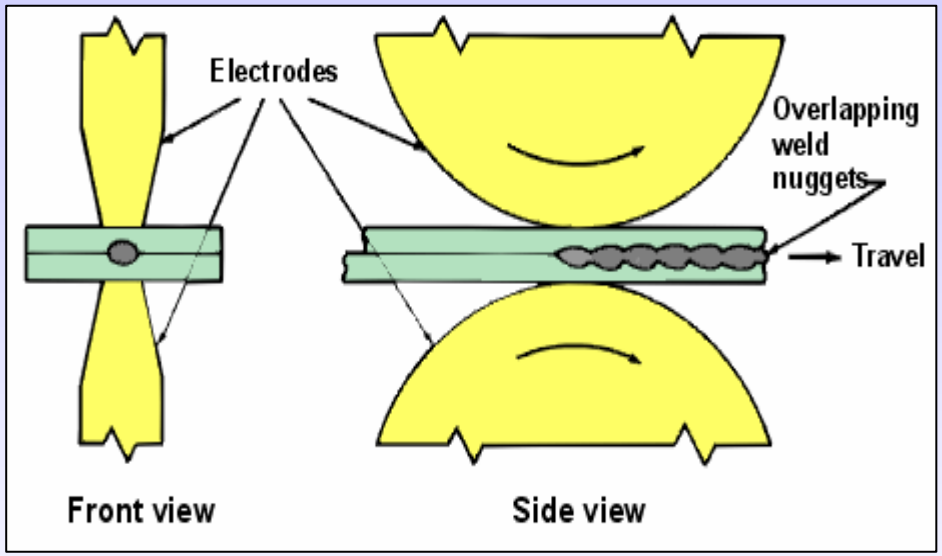
-جوشکاری با سرباره الکتریکی
(Electroslag Welding)

-جوشکاری سربه سر با تخلیه الکتریکی (Flash Welding)

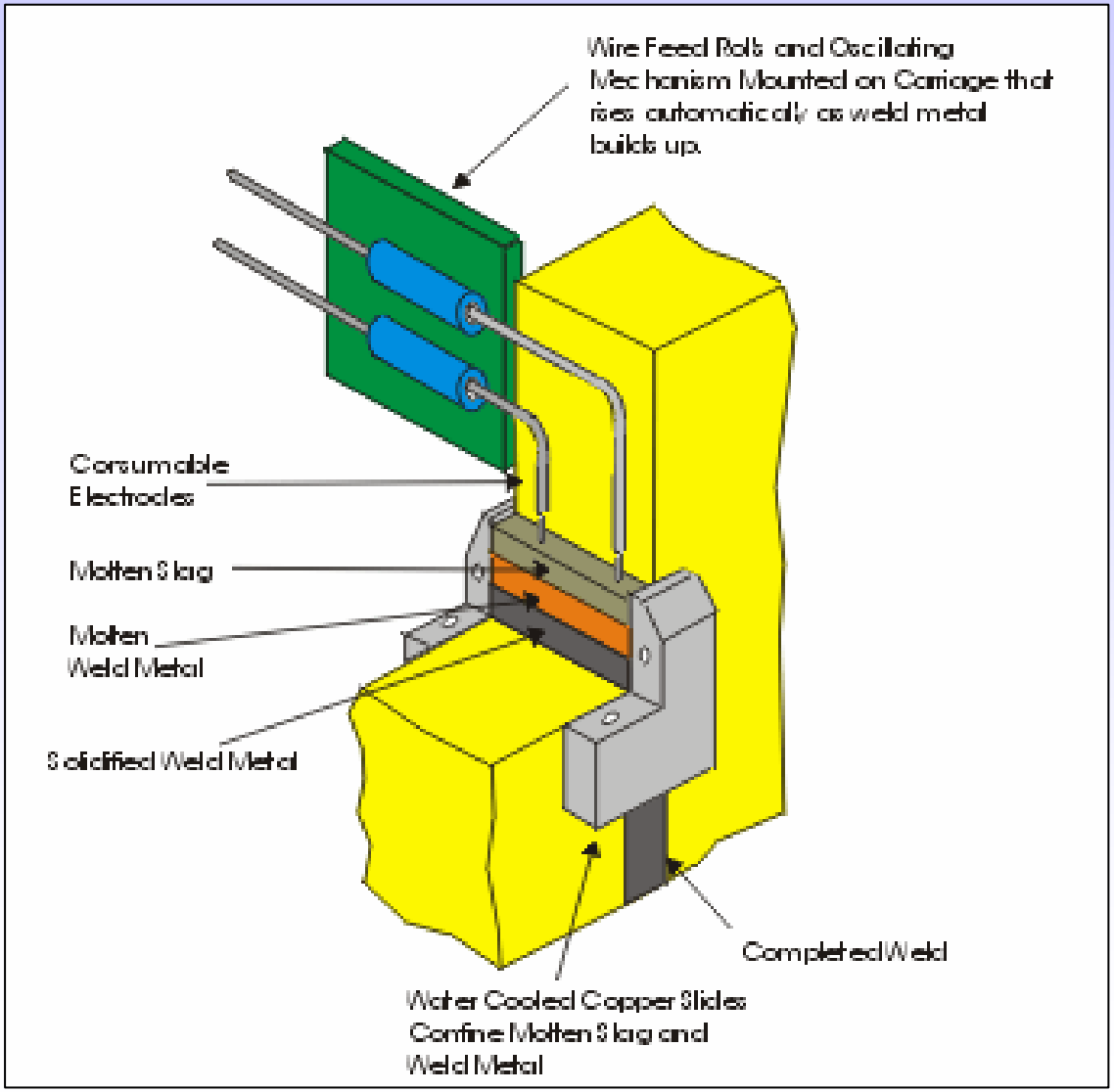
Spot Welding



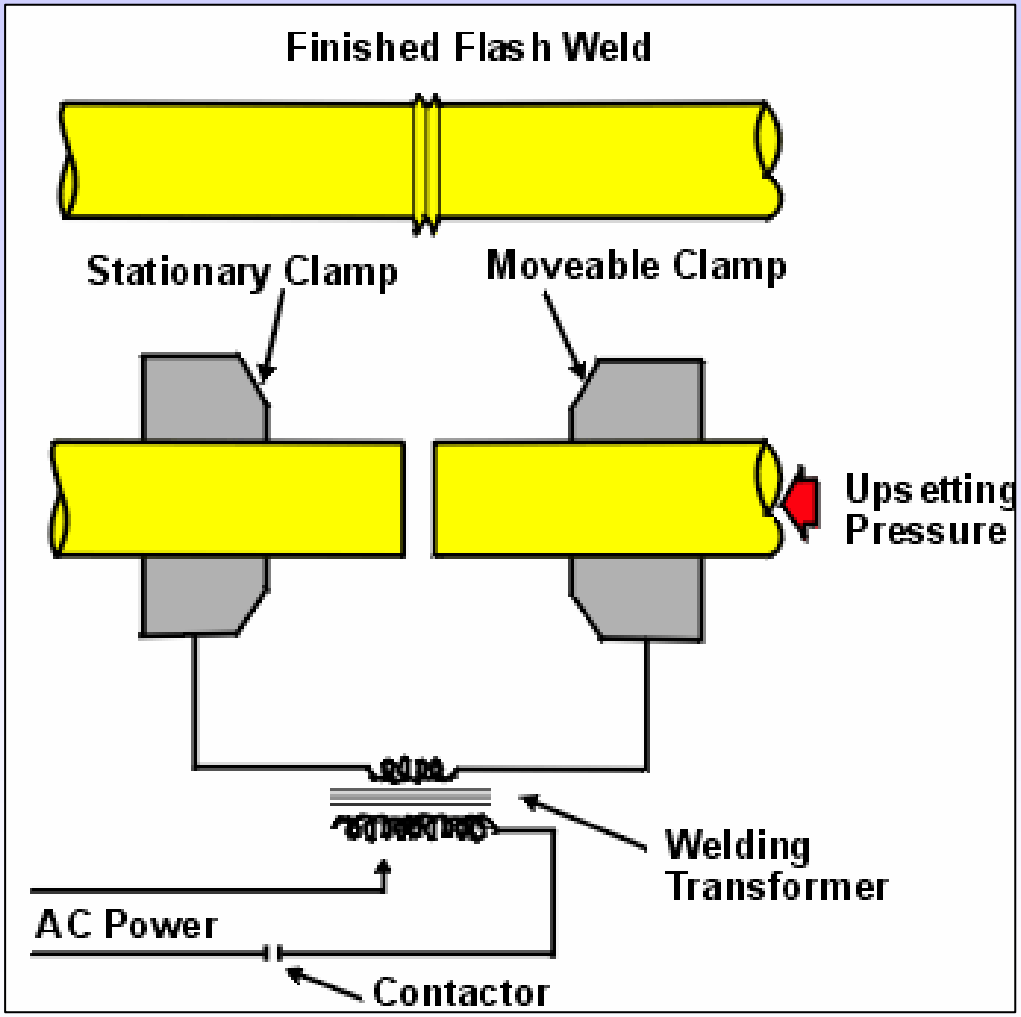
Seam Welding



Electroslag Welding



Flash Welding



گروه چهارم:جوشکاری قوس الکتریکی بدون اعمال پوشش محافظ روی الکترود یا حوضچه جوش

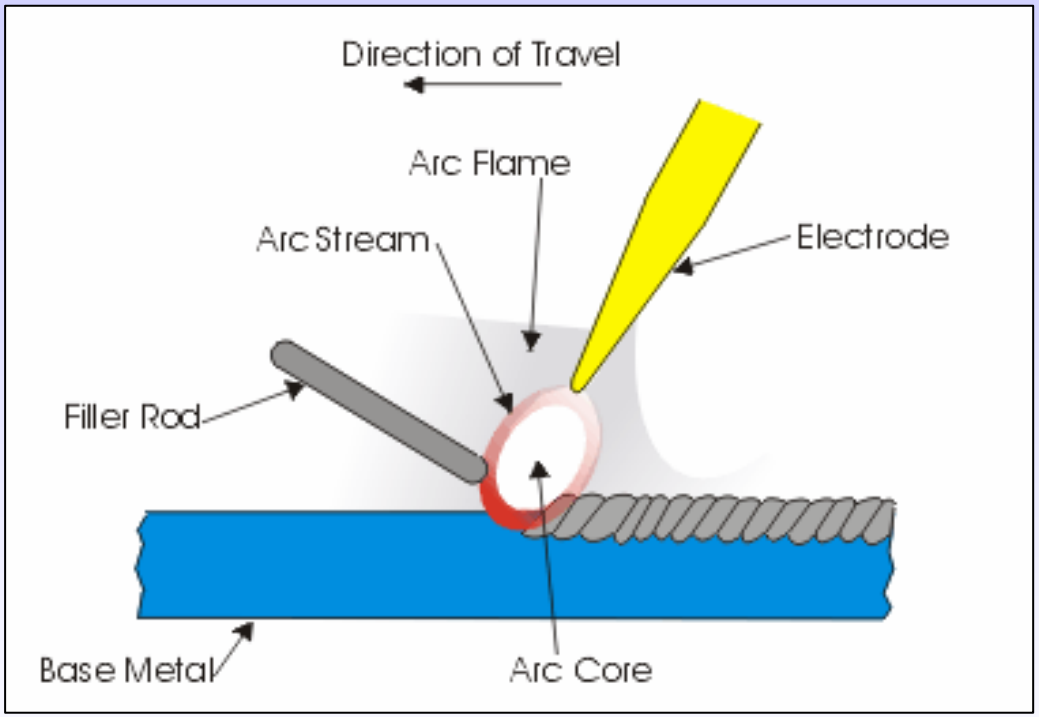
- جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود کربن

(Carbon Arc Welding)

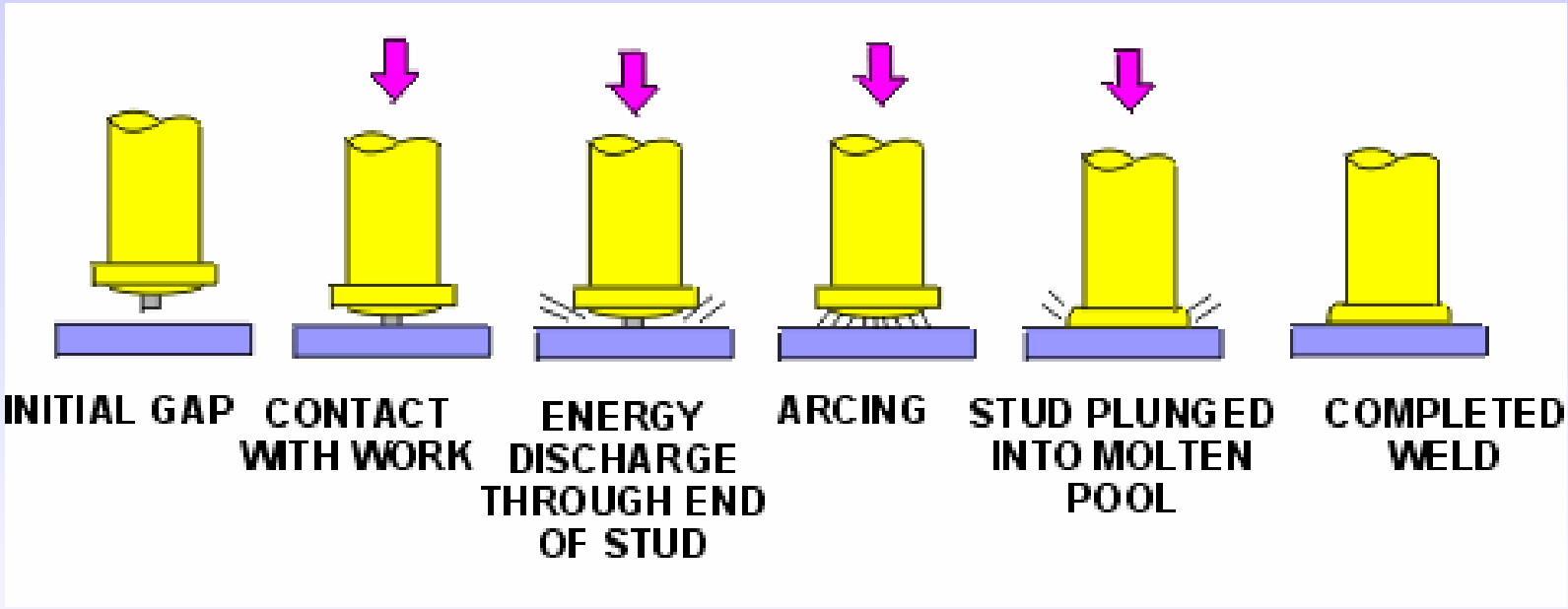
- جوشکاری زائده ای یا گل میخی

(Bare Wire Stud Welding)

Carbon Arc Welding

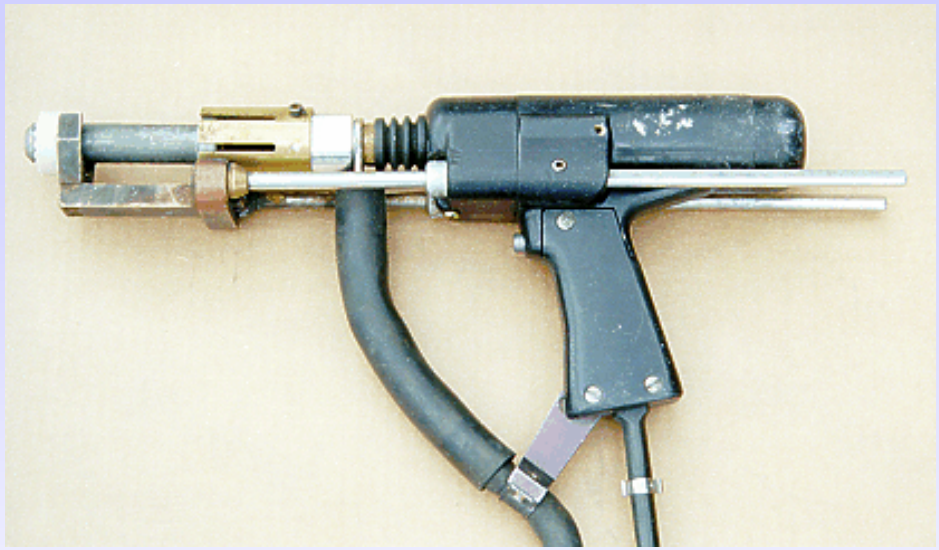


Stud Welding



Bare Studs

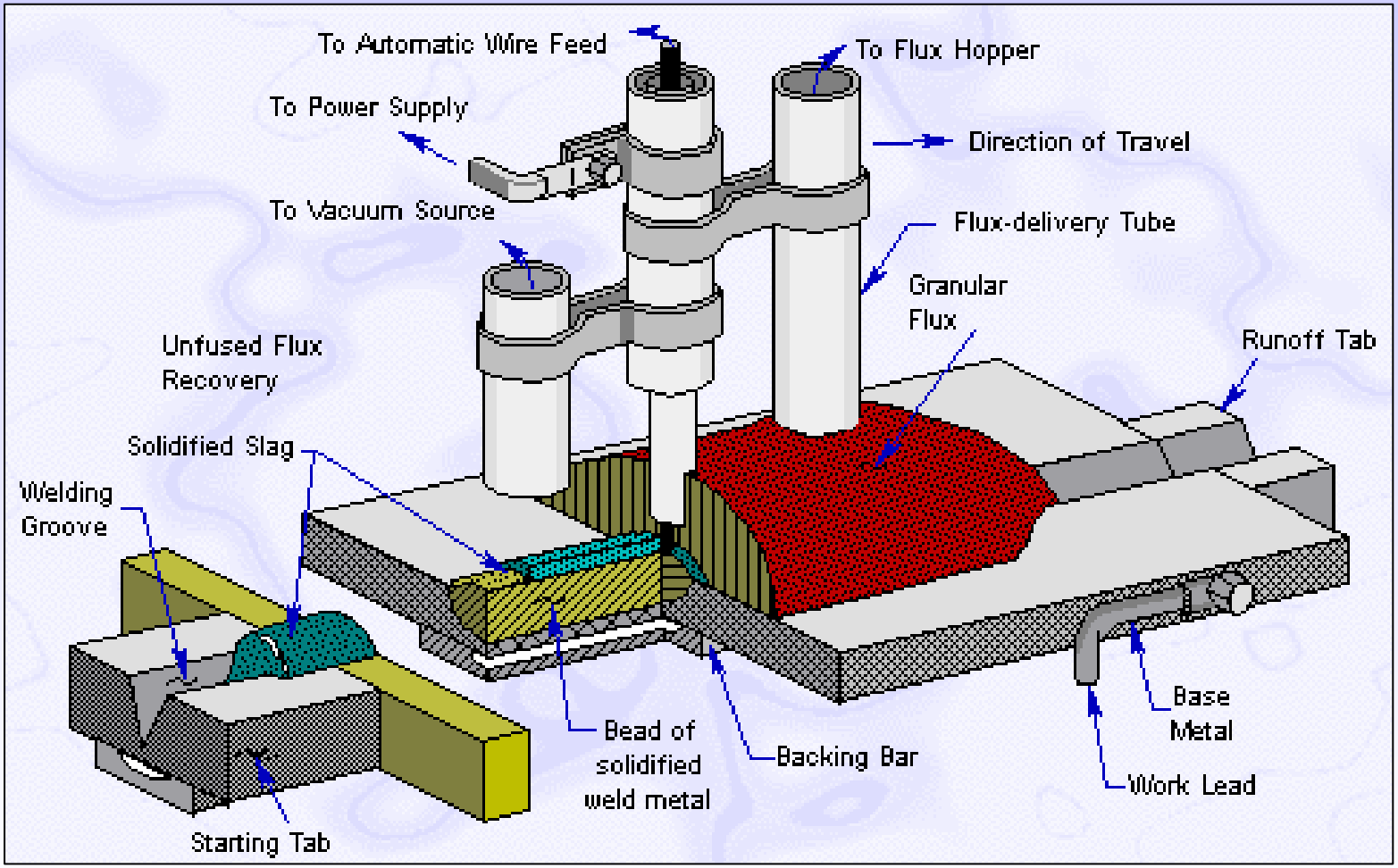
Stud Gun



گروه پنجم :جوشکاری قوس الکتریکی زیرلایه سرباره و یا جوشکاری زیرپودری
(Submerge Arc Welding)

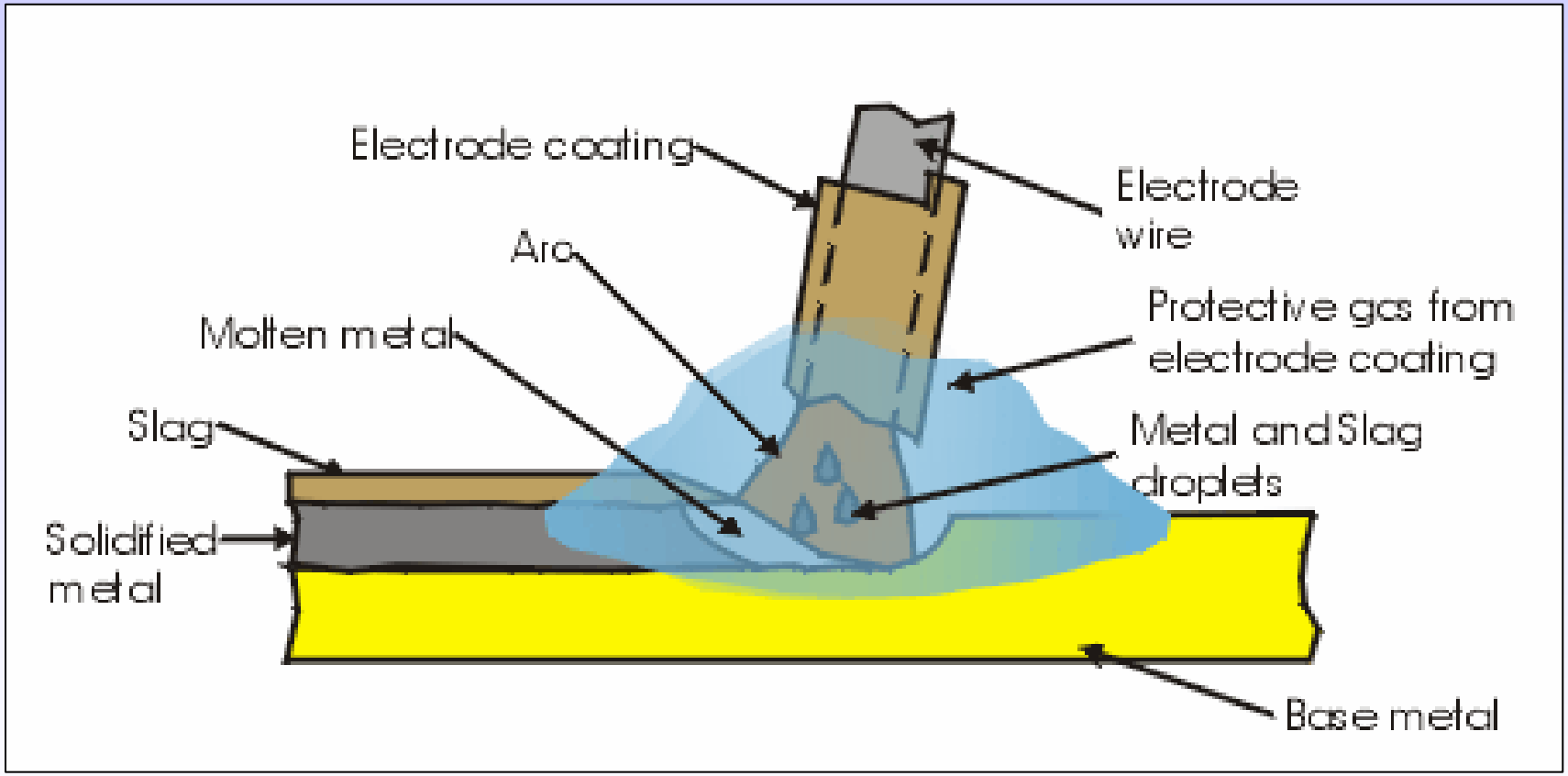
جوشکاری با الکترود روپوش‌دار
(Shielded Metal Arc Welding)

SAW


To Automatic Wire Feed
To Flux Hopper
To Power Supply
Direction of Travel
To Vacuum Source
Flux-delivery Tube
Granular
Flux
Unfused Flux
Recovery
Runoff Tab
Solidified Slag
Welding
Groove
Bead of
solidified
weld metal
Backing Bar
Base
Metal
Work Lead
Starting Tab

جوشکاری زیرپودری

SMAW


Electrode coating
Electrode wire
Arc
Protective gas from electrode coating
Molten metal
Slag
Metal and Slag droplets
Solidified metal
Base metal

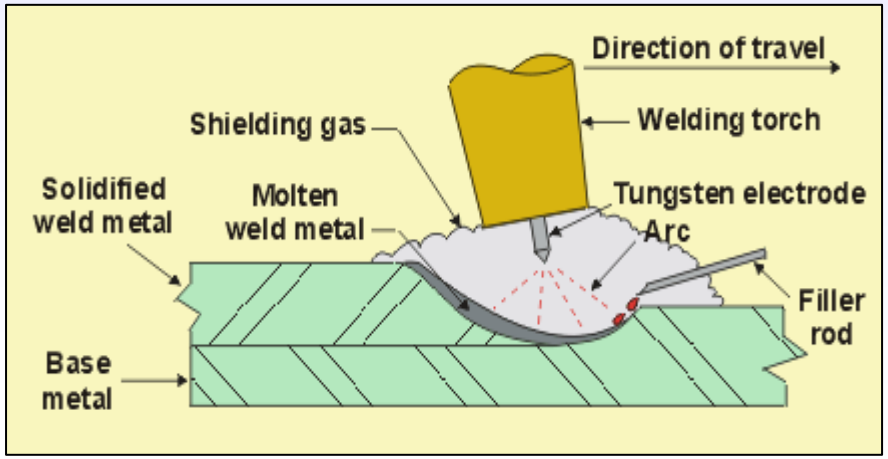
جوشکاری با الکترود روپوش‌دار

گروه ششم :جوشکاری به کمک قوس الکتریکی توسط گاز خنثی

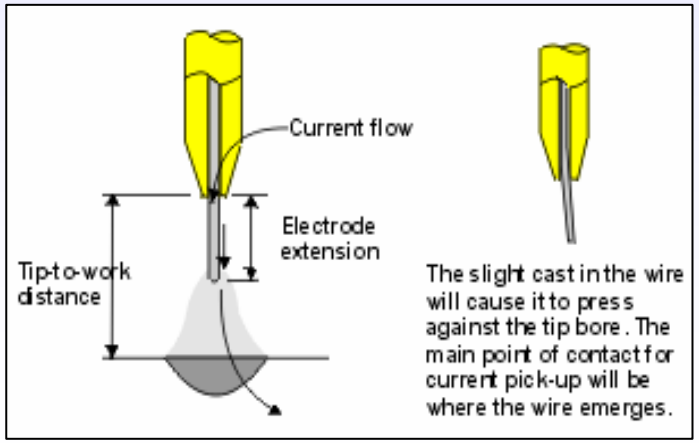
TIG - یا (Tungsten Inert Gas Welding)

MIG -یا (Metal Inert Gas Welding)

TIG



MIG



جوشکاری TIG

جوشکاری MIG

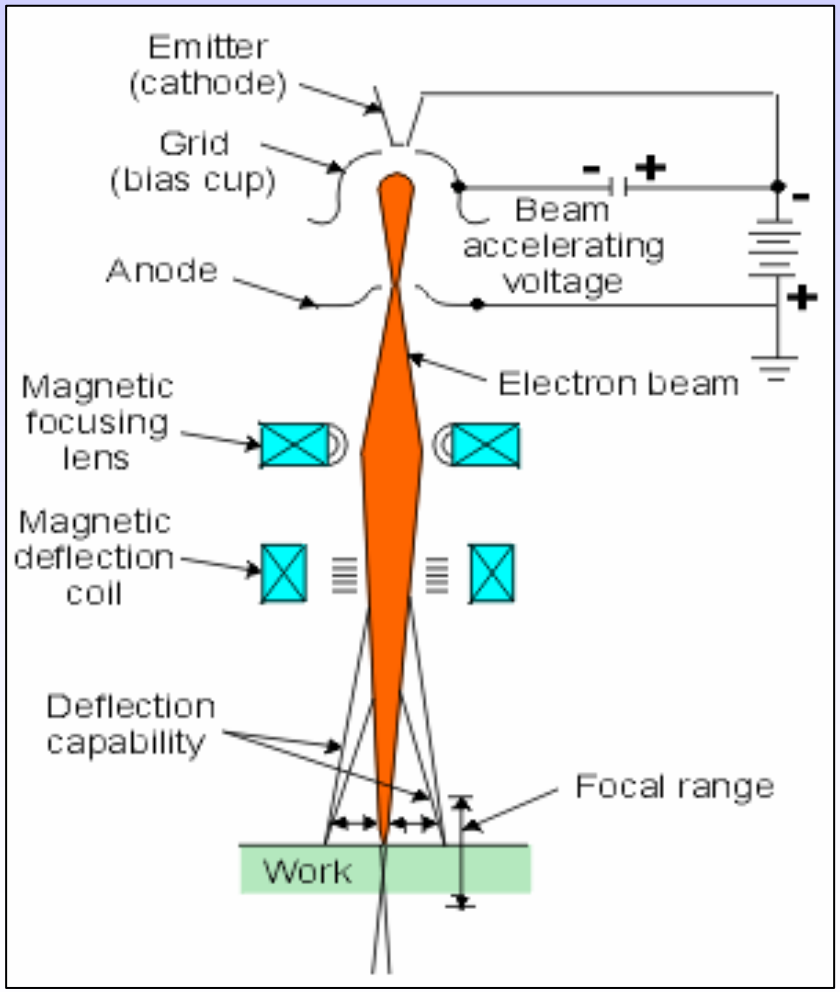
گروه هفتم :جوشکاری به کمک انرژی تشعشعی

- **Electron Beam Welding**

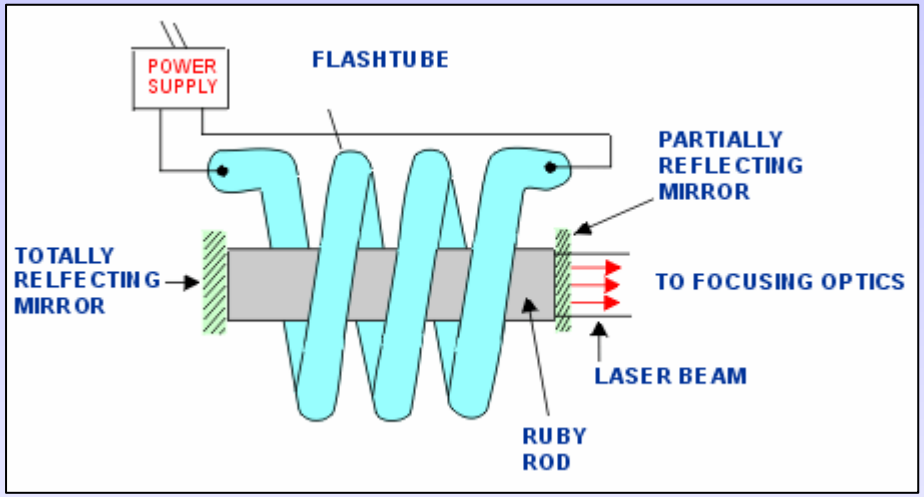
- **Laser Beam Welding**

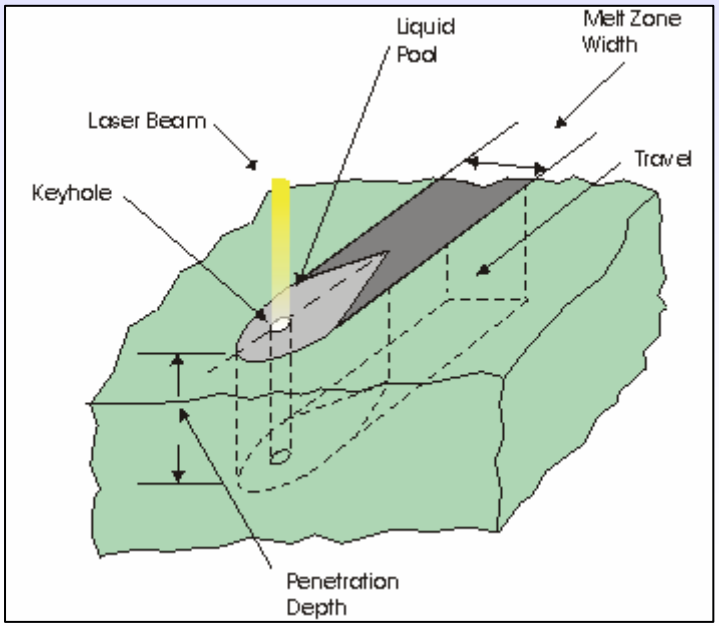
- **Ultrasonic Welding**

Electron Beam Welding

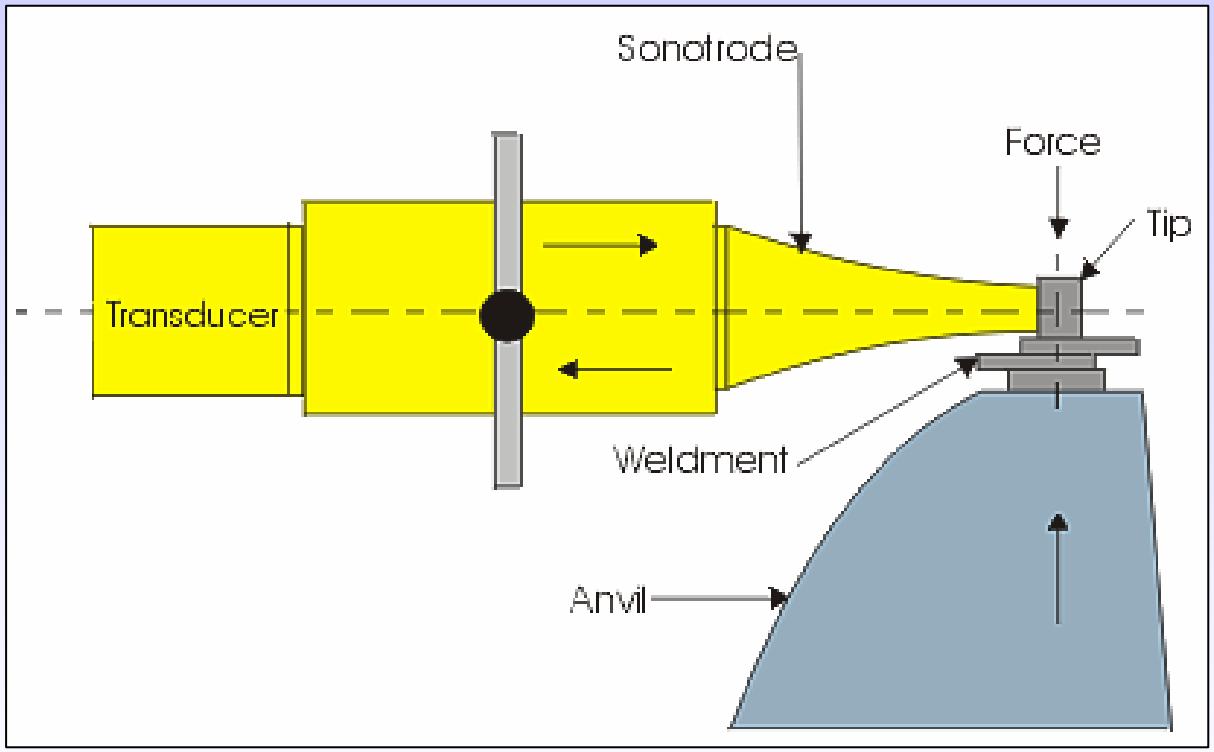


Laser Beam Welding





Ultrasonic Welding



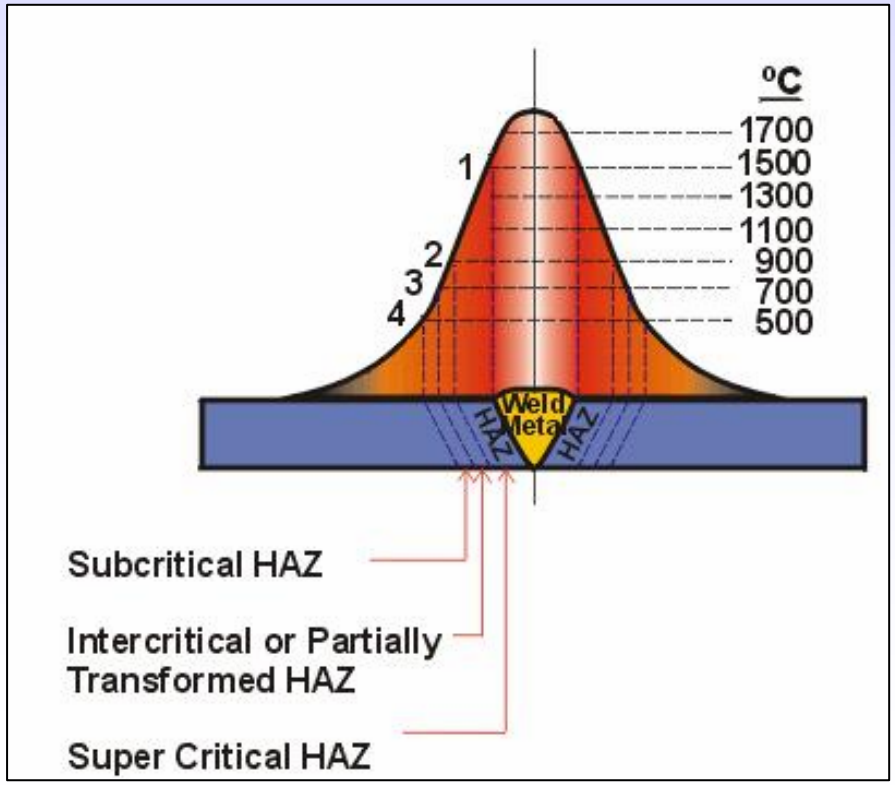
اثرهای حرارتی (Thermal Effects)

حرارت و ایجاد گرما در اثر جوشکاری تأثیر فراوانی بر روی جوش دارد .کیفیت منطقه جوشکاری شده به عوامل زیر بستگی دارد .

-نحوه نفوذ حرارت
-میزان حرارت تلف شده
-ضریب انتقال حرارت
-شدت انرژی اعمالی
-ظرفیت حرارتی

منطقه متأثر از جوش(HAZ:Heat Affected Zone)

منطقه جوشکاری شده شامل حوضچه جوش و منطقه متأثر از جوش HAZ است.



HAZ:

عوامل مؤثر برHAZ

$$\alpha = \frac{k}{\rho C}$$

α: ظرفیت نفوذ حرارت

k: ضریب انتقال حرارت

C: گرمای ویژه

ρ: وزن مخصوص

این عوامل بر شکل ایزوترمهای حرارتی و نحوه سرد شدن و گستردگی منطقه **HAZ** تاثیر فراوانی می گذراند.

اثرهای حرارت فروکش (Heat Sink Effect)

*قطعات ضخیم قابلیت جذب حرارتی بیشتری از قطعات نازک تر دارند .

امکان ترک خوردن قطعات ضخیم در حین جوشکاری بعلت بوجود آمدن فازهای ترد مثل مارتنزیت بیشتر می‌باشد(بخصوص در ابتدای شروع جوشکاری یا پاس اول.)

*درجوشکاری قطعات با ضخامت زیاد به قطعات نازک: حوضچه جوش به سمت قطعه نازک‌تر متمایل می‌شود.

*در جوشکاری قطعات با جنس متفاوت و ضریب انتقال حرارت متفاوت حوضچه جوش به سمت قطعه با ضریب هدایت کمتر متمایل می‌شود .

⇐حرارت فروکش می‌تواند موجب ذوب ناقص (Incomplete Fusion) شود .

جلوگیری از اثرات حرارت فروکش

- پیشگرم قطعه با حرارت فروکش زیاد

- کاهش ضخامت قطعه با استفاده از ماشین‌کاری

-استفاده از مبرد در طرف قطعه نازک‌تر و یا هدایت حرارتی پایین‌تر

- تغییر زاویه قوس یا **Torch** به نحوی که قطعه ضخیم حرارت بیشتری دریافت کند.

-افزایش شدت منبع حرارتی

مقدار موثر بودن قوس در روشهای مختلف جوشکاری

$$q = nvI$$

q:حرارت ایجاد شده در هر لحظه

n:ضریب راندمان

v:ولتاژ جوشکاری

I:آمپر جوشکاری

Process	n
Manual Metal Arc Welding	0.7-0.85
TIG	0.22-0.48 بخاطر اینکه بخشي از حرارت توسط نگهدارنده الکترود بیرون برده‌مي شود.
MIG	0.66-0.75
Submerged Arc Welding	0.9-0.99

انواع قوس الکتریکی در جوشکاری

برحسب ذوب الکترود و یا عدم ذوب آن، دو نوع قوس الکتریکی وجود دارد.

اگر الکترود از جنس کربن یا تنگستن باشد هنگام ایجاد قوس الکتریکی الکترود ذوب نمی شود ولذا قوس یا الکترود را *غیر مصرفی* می‌گویند.

اگر الکترود نقطه ذوبی مشابه فلز پایه داشته باشد و الکترود ذوب و مصرف شود و بصورت قطرات مذاب از آن جدا شود و با سرعت زیاد پلاسما جت به حوضچه جوش منتقل شود، این قوس یا الکترود را *مصرفی* می‌گویند.

مشخصات قوس الکتریکی

در جوشکاری قوس الکتریکی با الکترود دستی، تغییر طول قوس بطور ناخواسته اجتناب ناپذیر است. این تغییر طول قوس سبب تغییر جریان جوشکاری می شود و نهایتاً حرارت ایجاد شده در فلز تغییر ناخواسته می‌کند .

بنابراین دستگاه تولید قدرت برای جوشکـــــــاری با قــوس دستـــی بایستی دارای سیستمـــــــــی تحت عنـــــوان:

Steeply Drooping Volt –Ampere-Characteristic

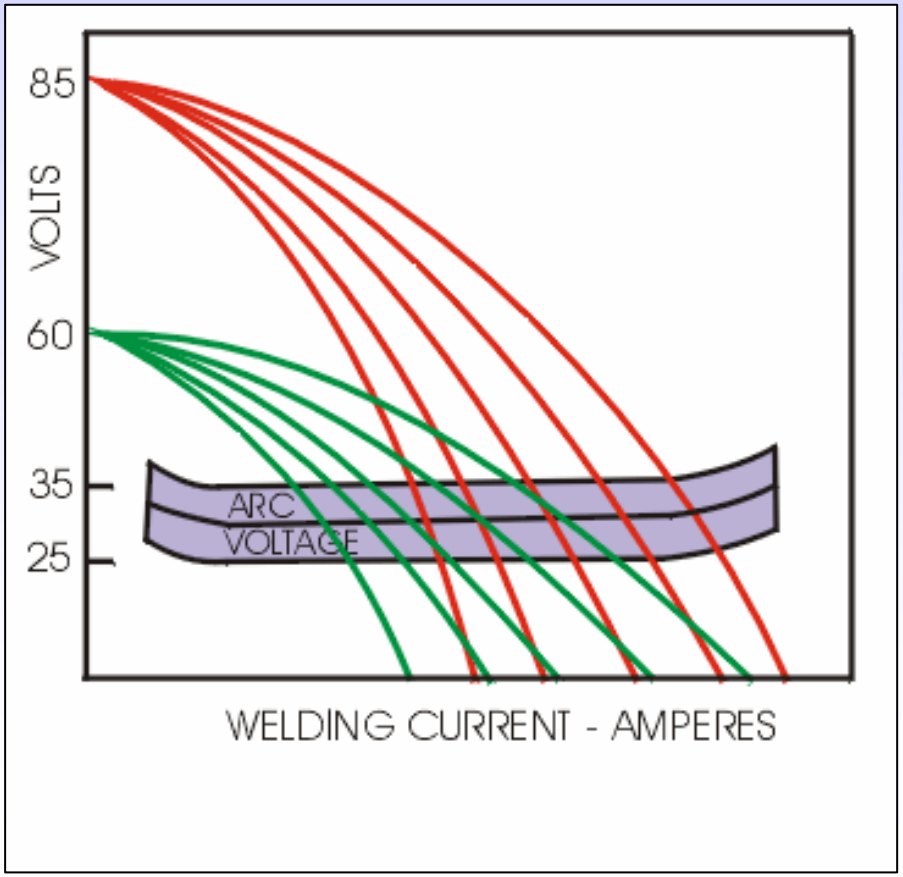
)منحنی ولتاژ- آمپر با سراشیبی تند) باشد.

به کمک سیستم فوق تغییرات طول قوس

سبب تغییرات ناچیزی از جریان می گردد.

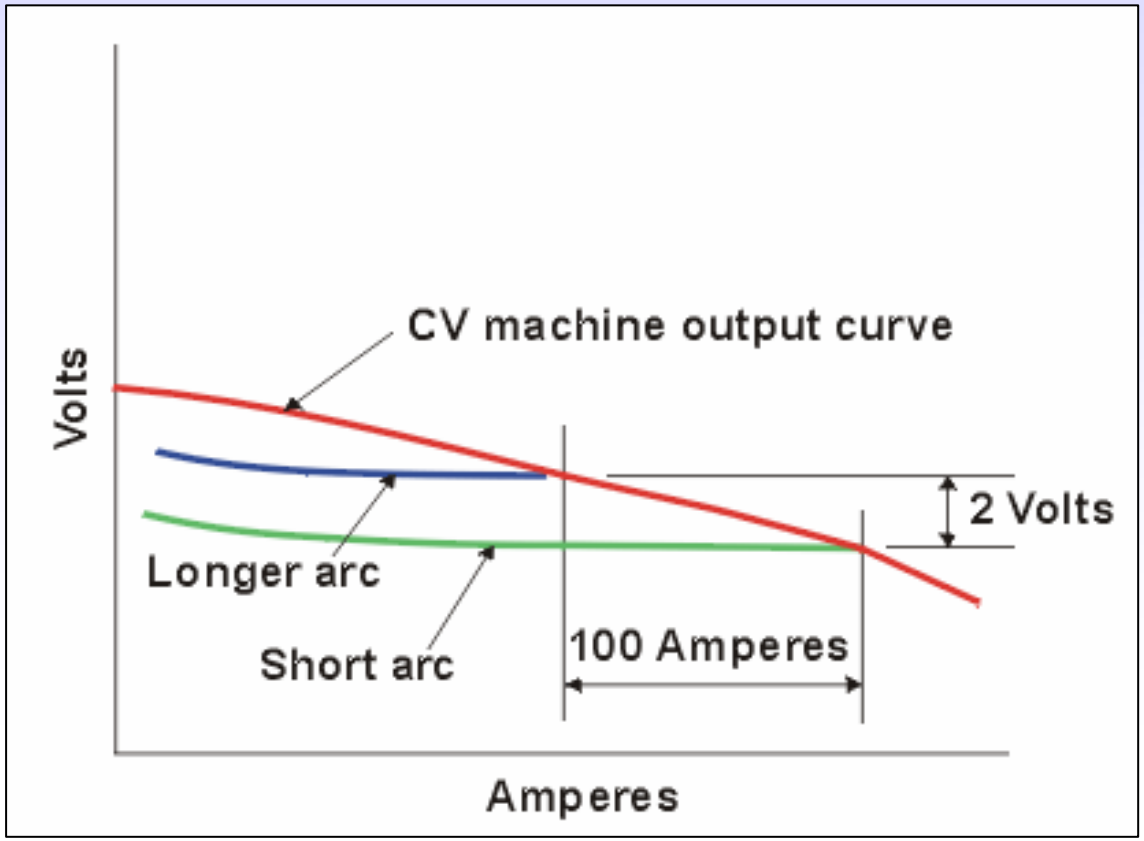
مشخصه ولت-آمپر ماشین‌های با جریان ثابت

در این ماشین‌ها با تغییر ولتاژ تغییرات آمپر کم است و هر چه شیب منحنی شدیدتر به علت تغییرات کم جریان مناسب‌تر است .



مشخصه ولت-آمپر ماشین‌های ولتاژ ثابت

در این دستگاهها با تغییرات اندک ولتاژ جریان به نحوه زیاد تغییر می‌کند .این نوع دستگاهها برای جوشکاری با سرعت تغذیه الکترود ثابت MIG بکار می‌رود .



منابع انرژی در جوشکاری

ماشین‌های جوشکاری با جریان ثابت براساس شیوه تولید جریان به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند .

-دستگاه موتور- مولد(موتور ژنراتور)
با موتور احتراقی درون‌سوز یا یک الکتروموتور جریان یکسو (d.c)یا (a.c) تولید می‌شود .

-مبدل یکسوکننده(رکتیفایر)
از یک مبدل استفاده شده و ولتاژ کاهش می‌یابد و جریان الکتریکی به جریان مستقیم تبدیل می‌شود.

-مبدل جریان متناوب(ترانس)
با استفاده از مبدل الکتریکی ولتاژ ورودی کاهش می‌یابد .

شروع یا روشن کردن قوس الکتریکی (Arc Initiation)

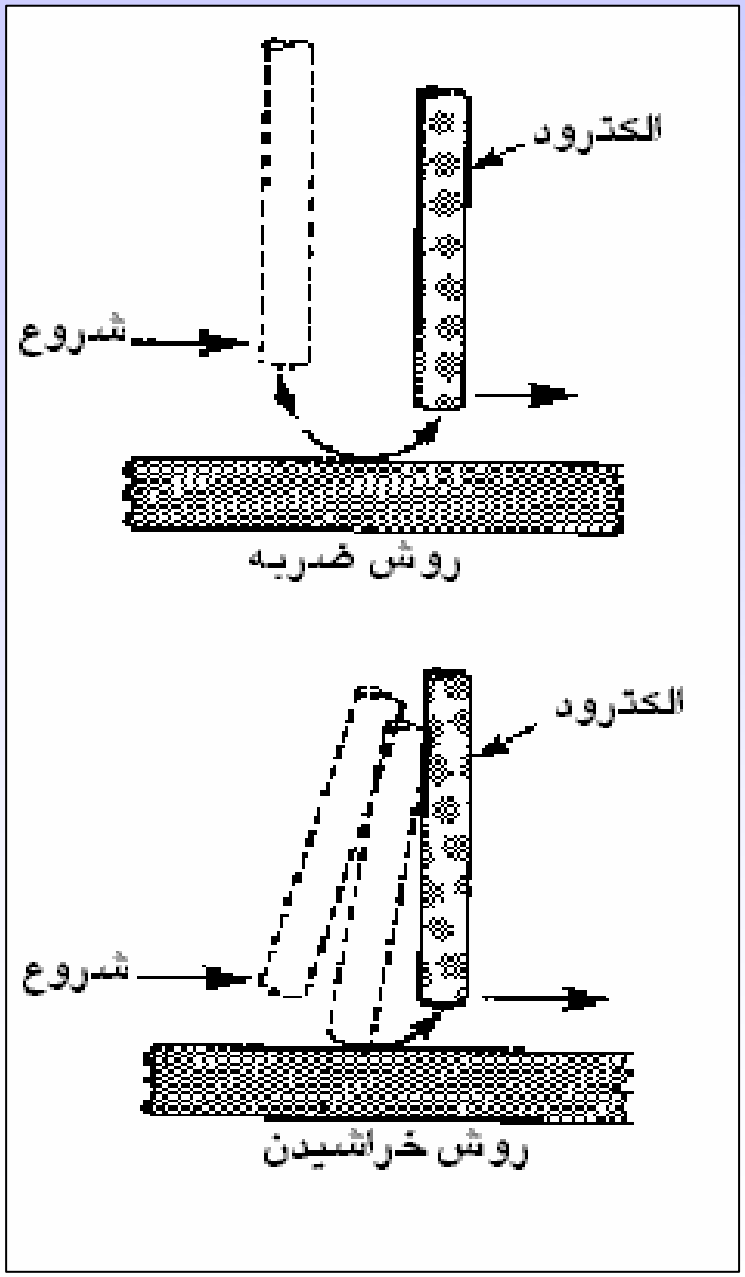
به دو صورت می‌توان قوس ایجاد کرد :

1-افزایش خیلی زیاد ولتاژ تا برقراری ستون یونیزه شده و تخلیه بار الکتریکی. در عمل چون ولتاژ بالا خیلي خطرناك مي باشد از تخليه بار الكتريكي با فركانس بالا استفاده مي شود.

2- لمس قطعه کار با الکترود و عقب بردن آن از سطح کار
-روش ضربه
-روش خراشیدن

*در جریان AC ولتاژ در هر سیکل دوبار به صفر می‌رسد. پس روشن کردن قوس مشکل است .

نحوه شروع قوس



عوامل مؤثر بر انتخاب ماشین جوشکاری

-روش جوشکاری
-تعمیر و نگهداری
-معیارهای اقتصادی
-قابلیت حمل
-محیط کار
-مهارت‌های موجود
-ایمنی
-سرویس‌دهی سازنده
-برآورده کردن نیازهای کدها و استانداردها

انتخاب نوع جریان برای جوشکاری

در صنعت معمولاً استفاده از جریان DC مزایایی نسبت به AC دارد .

-انتقال فلز از الکترود به حوضچه جوش در حالت الکترود مثبت یکنواخت‌تر است .

-در حالت الکترود مثبت قوس حالت تمیز کردن سطح قطعه کار را نیز انجام می‌دهد .

-در روش DC می‌توان از شدت جریان‌های کم استفاده کرد .

-همه نوع الکترود را در روش جوشکاری دستی می‌توان بکار برد .

-شروع قوس راحت‌تر است .

-نگهداری قوس با طول کوتاه آسانتر است .

-در وضعیت‌های غیر از Flat مثل Overhead, Vertical, Horizontal عملیات جوشکاری آسانتر است .

-جوشکاری ورق‌های نازک با روش DC بهتر انجام می‌گیرد .

*جریان AC معمولاً در جاهایی ترجیح داده می‌شود که شروع مجدد قوس مسئله چندان مهمی نباشد .

قطبیت در جوشکاری Polarity

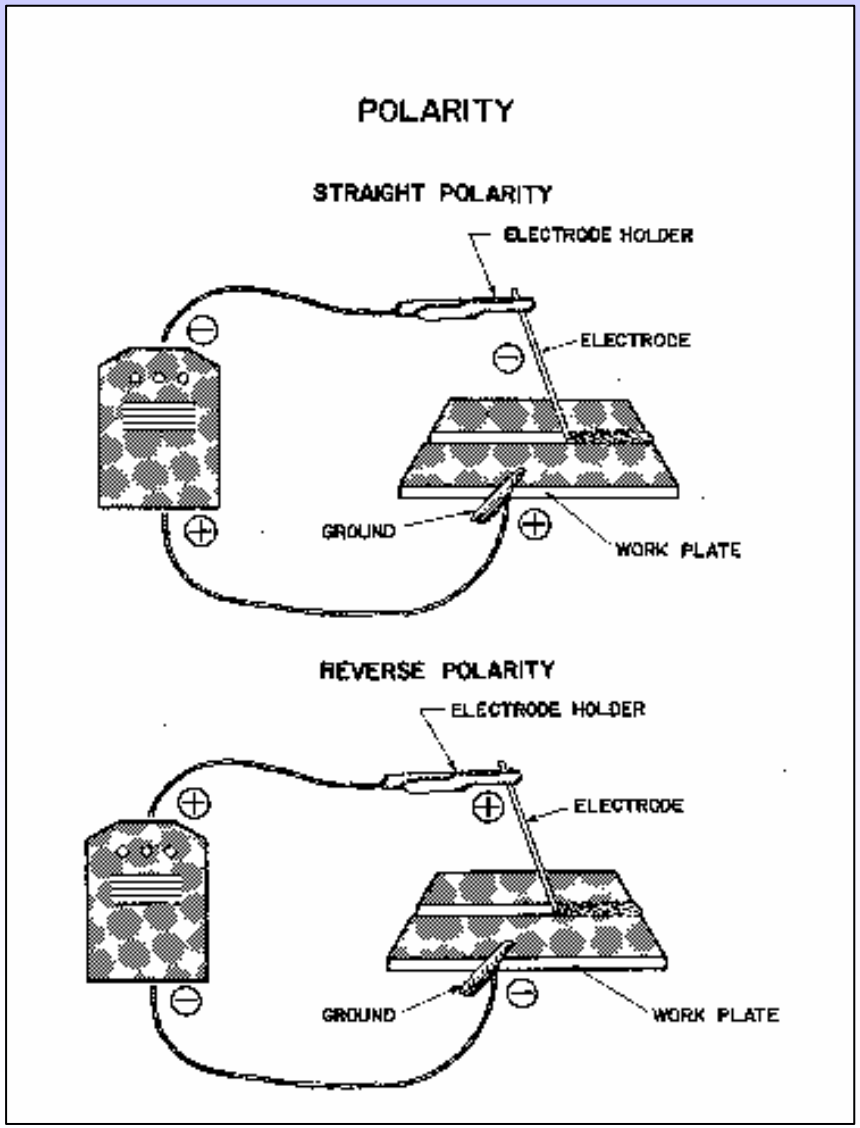
دو نوع قطبیت در جوشکاری با جریان DC وجود دارد .

1- DCEN یا Direct Current Electrode Negative

DCSP یا Direct Current Straight Polarity

2- DCEP یا Direct Current Electrode Positive

DCRP یا Direct Current Reverse Polarity



DCEN or DCSP

DCEP or DCRP

*در صنعت معمولاً از روش جوشکاری Reverse استفاده می‌شود .

در این حالت انتقال فلز از الکترود به حوضچه جوش یکنواخت‌تر است. قطب مثبت به علت بمباران شدن توسط الکترون ها گرمتر از قطب منفی که الکترون متصاعد می کند می باشد.

* با جریان DC و الکترود منفی (DCEN) شدت عمل ذوب در قطعه کار بیشتر خواهد بود .

در حالت الکترود مثبت یا DCEP (DCRP) پراکندن ذرات اکسیدی از روی سطح قطعه کار توسط قوس انجام می گیرد و اصطلاحاً گفته می شود قوس در این حالت خاصیت Arc Cleaning دارد.

وزش قوس Arc Blow

در جوشکاری مواد فرومغناطیس مثل فولادهای فریتی با جریان DC به علت بوجود آمدن میدان‌های مغناطیسی در اطراف الکترود ،قطعه کار و کابل حالتی بوجود می‌آید که به آن وزش قوس می‌گویند .

-وزش قوس در ابتدا و انتهای قطعه بوجود آمده و ستون قوس از حالت مورد نظر منحرف می‌شود .
-وزش قوس بیشتر در حالت جریان مستقیم بوجود می‌آید و در جریان متناوب کمتر اتفاق افتاده یا اثر آن ناچیز است .
-در فولادهای فرومغناطیس و آلیاژهای پایه نیکل و کبالت بوجود می‌آید .
-در ورق‌های ضخیم بیشتر از ورق‌های نازک بوجود می‌آید .
-در روش جوشکاری Fillet این حالت بیشتر اتفاق می‌افتد .

*وزش قوس موجب عدم تکمیل جوش و جرقه‌های زیاد می‌شود .

راههای جلوگیری از وزش قوس

-تغییر جریان از DC به AC
-کاهش شدت جریان و طول قوس تا حد مجاز
-تغییر محل کابل اتصال به زمین
-اتصال کابل زمین به چند نقطه
-تغییر محل کابل اتصال به زمین متناسب با پیشرفت جوش برای قطعات بزرگ
-پیچیدن کابل به دور قطعه
-عدم استفاده از جرثقیل‌های مغناطیسی برای بلند کردن قطعات به علت ایجاد پسماند مغناطیسی در قطعه

جوشکاری قوس الکترود دستی (SMAW)

جوشکاری قوس الکترود دستی (SMAW) را به طریق مختلف نام گذاری می کنند .

Shielded Metal Arc Welding (SMAW)
Manual Metal Arc Welding (MMAW)
Welding With Stick Electrodes

در کارهای ساختمانی SMAW بیشترین کاربرد را دارد .

برای کیفیت جوش مطلوب استفاده از پوشش الکترود الزامی است.

پوشش الکترود

نقش و خصوصیات پوشش الکترود

۱- پایدارکننده قوس

۲- ایجاد اتمسفر گازی وسرباره محافظ و جلوگیری از نفوذ اتمسفر مجاور O_2, N_2 به حوضچه جوش

۳-انجام واکنش‌های سرباره، فلز مذاب و گاز، عمل تصفیه یا اضافه‌کردن عناصر آلیاژی به حوضچه جوش

۴- تأمین شکل گردهٔ جوش بصورت برآمده و صافی مورد نظر با استفاده از خاصیت ویسکوزیته و کشش سطحی سرباره

۵- کاهش سرعت سرد شدن حوضچه جوش

۶- پایین آوردن نقطه ذوب و خارج کردن ناخالصی‌ها از حوضچه جوش

مواد متشکله روپوش الکترود

الف) مواد سرباره ساز: مواد معدنی شامل اکسیدهای فلزی مثل سنگ تیتان.، فلداسپار، فلورین، گچ، خاک چینی یا کائولن، کوارتز، گرافیت، سنگ مرمر، سنگ معدنی تیتانیوم و منگنز

ب) مواد تشکیل دهنده گاز: این مواد گاز لازم برای حفاظت فلز جوش از اکسید و نیتریده شدن بوسیله N_2و O_2 را فراهم می‌کند. موادی مثل: نشاسته، خاکاره، کتان، سلولز، زغال چوب و آرد. با سوختن این مواد H_2 و CO تولید می‌شود و N_2 و O_2 اتمسفر را کنار می‌زند.

ج) عوامل احیاکننده: اکسید آهن بوجود آمده توسط این مواد احیا می‌شوند و تبدیل به آهن می‌شوند. موادی مثل فرو منگنز، فروسیلیسیم، فروکروم، فرومولیبدن و آلومینیوم

د) عوامل آلیاژ دهنده: این عوامل عناصر لازم برای بهبود خواص مکانیکی را به داخل فلز جوش وارد می‌کنند. موادی مثل فرومنگنز، فروسیلیسیم، فروکروم، اکسید نیکل و غیره

*در اغلب پوشش الکترودها عامل آلیاژکننده فرومنگنز است که هم خاصیت احیاکنندگی و هم خاصیت آلیاژسازی دارد .

شناسایی الکترودها

الکترودها به دو طریق شناخته می‌شوند :

۱- سیستم رنگ در ته مفتول با استفاده از جداول AWS و NEMA قابل تشخیص است.

۲- استفاده از یک کد شامل چند عدد و حرف که با استفاده از دفترچه راهنمای هر سازنده قابل تشخیص است .

طبقه‌بندی الکترودها Electrode Classification

انواع بسیار متفاوتی از الکترودهای جوشکاری در صنعت تولید و بکار گرفته می‌شود .

انجمن جوشکاری آمریکا (AWS: American Welding Society) به کمک یک سری از اعداد الکترودها را طبقه‌بندی می‌کنند .

روش کدگذاری

۱- حرف E قبل از یک عدد چهار یا پنج رقمی EXXXXX منظور الکترود می باشد که در روش جوشکاری با قوس الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد. چنانچه جوشکاری با روش گاز انجام گیرد از کلمه E استفاده نمی شود بلکه بجای آن از کلمه RG استفاده می شود .

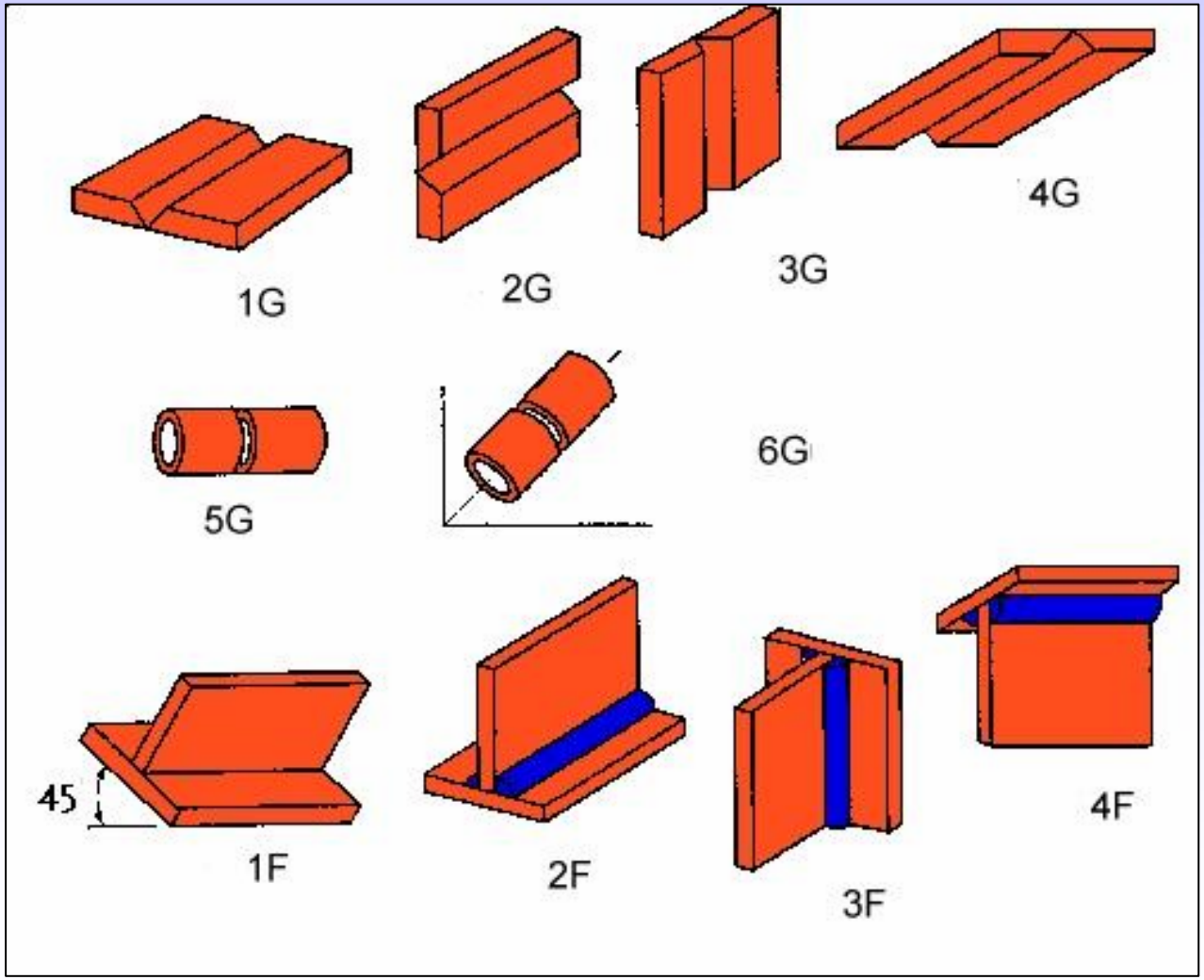
۲- عدد دو یا سه رقمی بعد از حرف E مشخص کننده حداقل استحکام کششی جوش است .

۳- دومین عدد از سمت راست مشخص کننده موقعیت جوشکاری می باشد که الکترود برای آن حالت طراحی شده است. بطور مثال الکترود با این کد EXX1Xبرای تمامی موقعیت های جوشکاری مورد استفاده می باشد:

EXX1X	کاربري الکترود در همه موقعيت ها مي باشد. All Position	منظور از 1
EXX2X	کاربري الکترود فقط براي Flat & Horizontal مي باشد.	منظور از 2
EXX3X	کاربري الکترود فقط براي حالت Flat مي باشد.	منظور از 3
EXX4X	کاربري الکترود در همه موقعيت ها و V-down	منظور از 4

۴- دو عدد آخر سمت راست مشخص کننده چندین عامل نظیر نوع منبع قدرت مورد استفاده (AC-DCSP-DCRP) همچنین نوع پوشش الکترود که آیا مثلاً در پوشش پودر آهن وجود دارد یا نه و یا اینکه مشخص کننده الکترود کم هیدروژن است و یا هر دو.

وضعیت‌های جوشکاری



به منظور بکارگیری الکترود دو عدد سمت راست (آخر) بایستی توأماً با یکدیگر مورد توجه قرار گیرند تا به کمک آنها بتوان ترکیب پوشش و کاربرد صحیح الکترود را تشخیص داد. به طور مثال:

EXX10	**High cellulose, Sodium**
EXX11	**High cellulose, Potassium**
EXX12	**High Titania or Rutile, Sodium**
EXX13	**High Titania or Rutile, Potassium**
EXX14	**Iron Powder, Titania**
EXX15	**Low Hydrogen Sodium**
EXX16	**Low Hydrogen Potasium**
EXX18	**Iron Powder, Low Hydrogen**
EXX20	**High Iron Oxide**
EXX24	**Iron Powder, Titania**
EXX27	**Iron Powder, Iron Oxide**
EXX28	**Iron Powder, Low Hydrogen**

انواع الکترودها طبق AWS

کلاس AWS	نوع پوشش	موقعیت جوشکاری	نوع جریان
E6010	سلولز بالا، سدیم	ALL	DCRP
E6011	سلولز بالا، پتاسیم	ALL	DCPR, AC
E6012	روتیل بالا، سدیم	ALL	DCSP, AC
E6013	روتیل بالا، پتاسیم	ALL	DCSP, DCRP, AC
E6020	اکسید آهن بالا	F,H	DCSP, AC
E6022	اکسید آهن بالا	F,H	DCSP, DCRP, AC
E6027	اکسید آهن و پودر آهن	F,H	DCSP, AC
E7014	پودر آهن، روتیل	ALL	DCSP, DCRP, AC
E7015	هیدروژن پائین، سدیم	ALL	DCRP
E7016	هیدروژن پائین، پتاسیم	ALL	DCRP, AC
E7018	هیدروژن پائین، پتاسیم، پودر آهن	ALL	DCRP, AC
E7024	پودر آهن، روتیل	F,H	DCSP, DCRP, AC
VE7027	اکسید آهن و پودر آهن	F,H	DCSP, AC
E7028	هیدروژن پائین، پتاسیم، پودر آهن	F,H	DCRP, AC
E7048	هیدروژن پائین، پتاسیم، پودر آهن	F,H,V(Down-hill), OH	DCRP, AC

مشخصه‌های کاربردی الکترودها

الکترودها براساس ویژگی‌های کاربردی و نوع درز اتصال به سه گروه تقسیم می‌شوند .

۱- الکترودهای پرجوش Fast Fill

۲- الکترودهای زودجوش Fast Freeze

۳- الکترودهای پرجوش و زودجوش (Fill Freeze or Fast Follow)

الکترودهای پرجوش

- درزجوش را زود پر می‌کند(نقطه مقابل الکترودهای زودجوش)
- دارای روکش ضخیم محتوی پود آهن است .
- کاربرد در جوشکاری گوشه و جوش شیاری عمیق به علت روکش ضخیم محتوی پودر آهن
- طراحی برای جوشکاری سریع رو به پائین
- میزان رسوب زیاد و پاک کردن سرباره جوش به راحتی انجام می‌شود .
- گودافتادگی کنار جوش کم
- عمق نفوذ زیاد نیست.
- ظاهر جوش بسیار صاف و سطح جوش تخت تا کمی محدب
- الکترودهای پرجوش با کد **EXX14, EXX24, EXX27, EXX28** مشخص می‌شوند .

الکترودهای پرجوش و زودجوش
(زودروFast Follow)

- برای اتصالات لب روی هم (Lap Weld)و جوشکاری ورق‌های نازک و جاهایی که سرعت جوش بالا لازم است .

- قوس ملایم، قدرت نفوذ متوسط، شدت جریان و حرارت ورودی کم مشکلات سوختگی و سوراخ شدن را کم می‌کند.

- برای مصارف عمومی، برای جوشکاری ورق های نازک فولادی یا برای جوشکاری سرپائین به کار می روند.

- برای کاربردهای مصارف عمومی و جوشکاری ورق‌های نازک با کد EXX13, EXX12

الکترودهای زودجوش

- دارای قابلیت انجماد سریع فلز جوش
- مناسب برای جوشکاری سربالا و سقفی
- دارای قوس قوی و نفوذی
- باجریان یکسو و قطبیت معکوس بکار می‌رود .
- سرباره کم و خط جوش تخت

E6010 -با جریان **DC** و **E6011** با جریان **AC** بکار می‌رود.

الکترودهای کم هیدروژن

-الکترودهای کم هیدروژن حداقل هیدروژن را در فلز جوش باقی می‌گذارد .

-با کد **EXXX8** مشخص می‌گردد .

-در پوشش آنها آهک ،**(Lime)** سنگ کربنات آهن **Titania** ،و پودر آهن وجود دارد.

-کاربرد این نوع الکترودها برای فولادهای پر کربن، فولاد کم آلیاژی و فولاد سختی پذیر و هر کجا بار دینامیکی و ضخامت بیش از ۱ اینچ مطرح باشد توصیه می شود .

راههای ورود هیدروژن به جوش

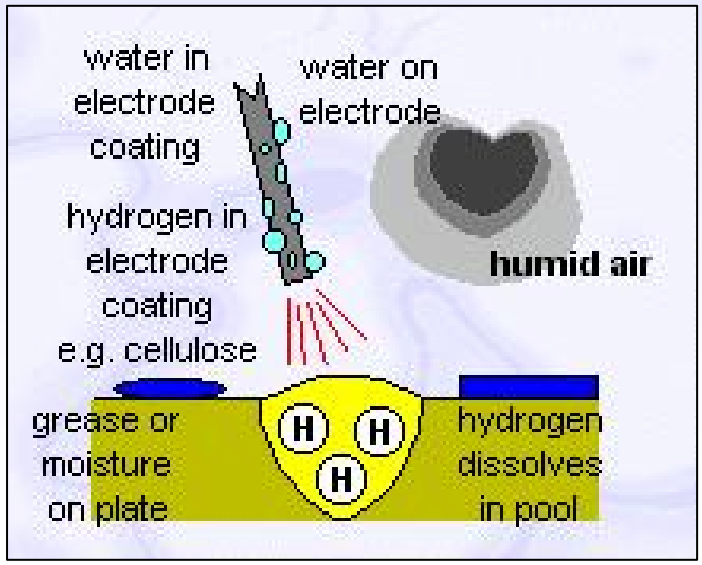
1- رطوبت جذب شده در پوشش الکترود

2- آب موجود در مواد چسبنده تشکیل دهند پوشش

3- تجزیه ترکیبات اورگانیکی‌که همراه با آب یا هیدروژن در ترکیباتی مثل سلولز

4- آب تبلور همراه کریستالها

*الکترودهای کم هیدروژن قبل از استفاده در دمای600درجه فارانهایت پخت می‌شوند و در دمای 250 درجه فارانهایت نگه‌داری می‌شوند و با جریان DCRP و AC بکار گرفته می‌شود .



الکترودهای با پوشش محتوی پودر آهن

افزایش پودر آهن در روپوش الکترودهای SMAW رفتار قوس را تغییر می دهد.

-افزایش سرعت پرکنندگی الکترود
- جریان بیشتری برای افزایش پرکنندگی نیاز است .
- سرعت تمیز کاری جوش بیشتر می شود.
- مقدار ترشح جوش یا Spatter کمتر می شود.
- شکل گرده جوش بهتر خواهد شد.
- قوس پایدار ترو یکنواخت تر خواهد شد.

الکترودهای پرمصرف در صنعت

1-الکترود E6010 با استحکام ۶۰،۰۰۰ P.s.i درموقعیت All Position که در پوشش خود سلولز زیاد دارد. نوع پلاریته DCRP

2-الکترود E6013 با استحکام ۶۰،۰۰۰ P.s.i در موقعیت All Position که در پوشش آن روتیل می باشد و بیشتر برای جوشکاری سازه های فلزی (Steel Structures)بکار گرفته می شود.

3-الکترود E7018 که از استحکام ۷۰،۰۰۰ Psi برخوردار است در موقعیت All Positionبکار گرفته می شود و از نوع کم هیدروژن و پودر آهن دار می باشد .

مصرف عمده این الکترود درجایی که استحکام و مقاومت در برابر بارهای خستگی زا و چقرمگی فلز جوش نیاز باشد. بکارگیری این الکترود نیاز به پخت در Oven و نگهداری آن در فلاسک را اجتناب ناپذیر می سازد.

طول و قطر الکترود

الکترودها دارای قطرهای محدودی هستند.

1.6-2.0-2.4-3.2-4.0-4.8-5.6-6.4-8.0میلیمتر
در قطرهای تا **2.5** میلیمترطول الکترود 350 میلیمتر
در قطرهای بیشتر طول الکترود 450میلیمتر

قطر الکترود بر حسب ضخامت قطعه و فاصله **(Gap)** بین دو قطعه انتخاب می‌شود.
نباید از الکترودی استفاده نمود که قطر آن از ضخامت قطعه زیادتر باشد.
الکترودهای ضخیم برای جوشکاری در وضعیت عمودی و بالاسری مناسب نیست .
-برای حالت عمودی و بالاسری نباید از الکترود با قطر بیش از**4.5** میلیمتر استفاده کرد.
-معمولاً پاس ریشه با الکترود نازک و پاسهای بعدی با الکترود ضخیم تر جوش می شود.

عوامل موثر در انتخاب الکترود

1- ترکیب شیمیایی فلز پایه، معمولاً برای فولادهای با کربن بیش از 35/0 درصد و استحکام کششی بیش از 60 Ksiالکترود نوع کم هیدروژن و یا کم هیدروژن محتوی پودر آهن استفاده می کنند .

2- نحوه fit-up یا جفت کردن قطعات، اگر فاصله درز دو قطعه زیاد باشد باید از الکترودهای مشخص و معینی که سرباره حجیمی ایجاد می کنند استفاده نمود .

3- وضعیت جوشکاری: همه الکترودها را نمی توان در حالت سربالا بکار گرفت .

4- شرایط سرویس قطعه : مثلاً اگر درجه حرارت سرویس قطعه زیر صفر است و بایستی مقاومت ضربه ای بالا باشد ، باید از الکترودهای مخصوص حاوی نیکل بالا استفاده نمود .

5-میزان نفوذ جوش : جاهائیکه دسترسی دو طرفه به حوضچه جوش وجود ندارد و باید جوش نفوذ خوبی داشته باشد از الکترود های سلولزی نظیر E6010 استفاده شود .

6-هزینه جوش : از دیدگاه میزان بازدهی (فلز رسوب داده شده تقسیم بر فلز ذوب شده از مفتول الکترود) و از نظر قیمت الکترود. مثلاً الکترودهایی که پودر آهن همراه پوشش دارند از نرخ رسوب گذاری بالاتری برخوردار هستند گر چه ممکن است کمی گرانتر باشند .

7-مهارت جوشکار : کار کردن با بعضی الکترودها آسانتر می باشد، لذا برای بعضی از الکترودها به جوشکار با مهارت زیاد نیاز نمی باشد و حتی سرعت عملیات جوشکاری بیشتر است .

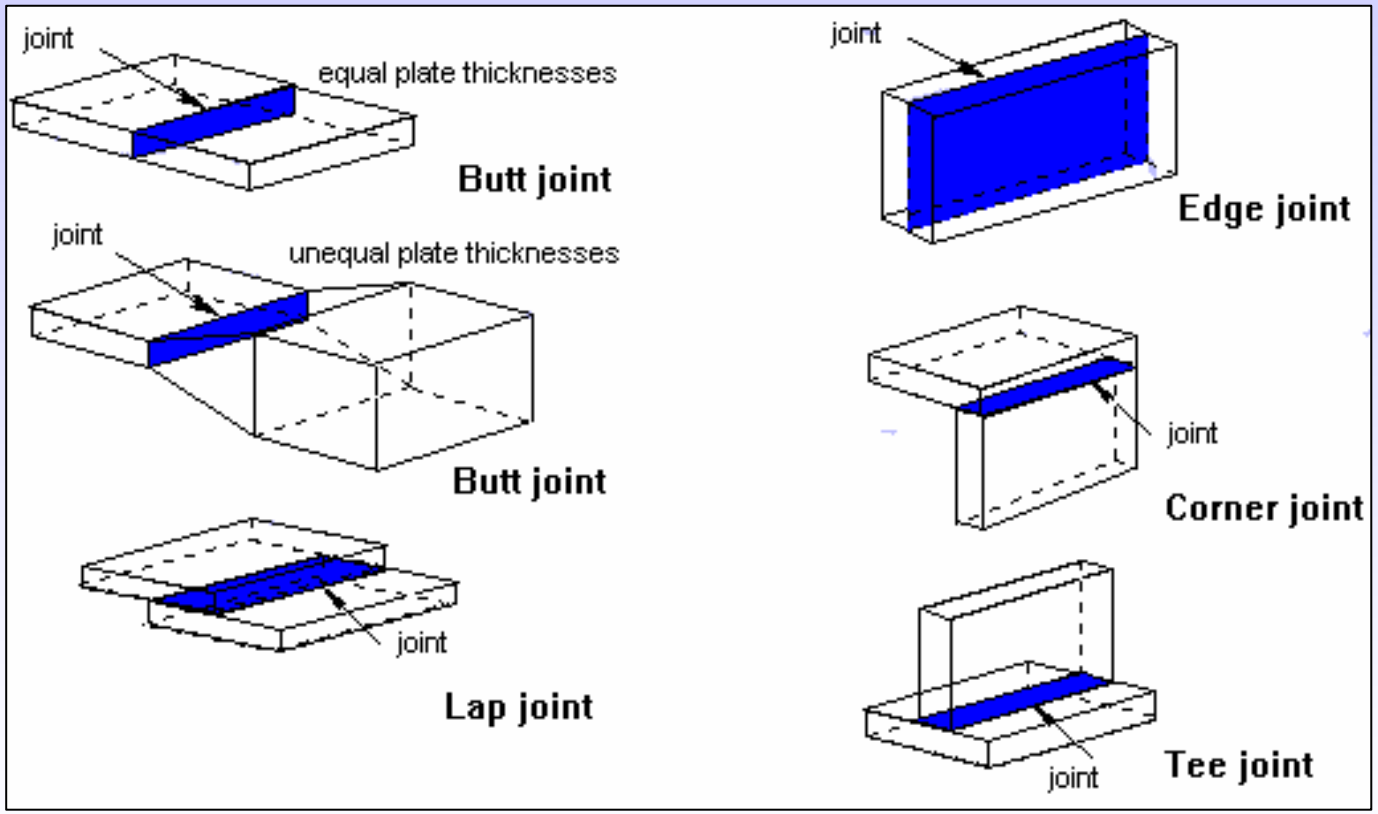
8-اندازه الکترود : ضخامت الکترود نبایستی از ضخامت ورق مورد جوشکاری بیشتر باشد. به منظور نفوذ مطلوب جوش در درز اتصال اولین پاس های جوشکاری را با الکترود نازک انجام می دهند و سپس برای پاس های بعدی از الکترود ضخیم تر بهره می گیرند .

انواع اتصالات Joint Types

در جوشکاری پنج نوع اتصال اساسی وجود دارد.

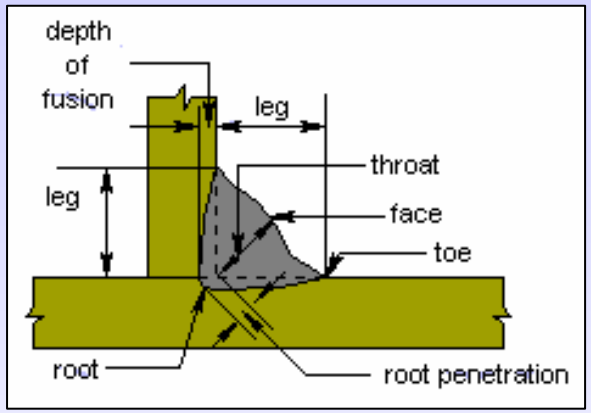
1-Butt Joint
2-T- Joint
3-Cornner Joint
4-Lap Joint
5-Edge Joint

انواع اتصالات

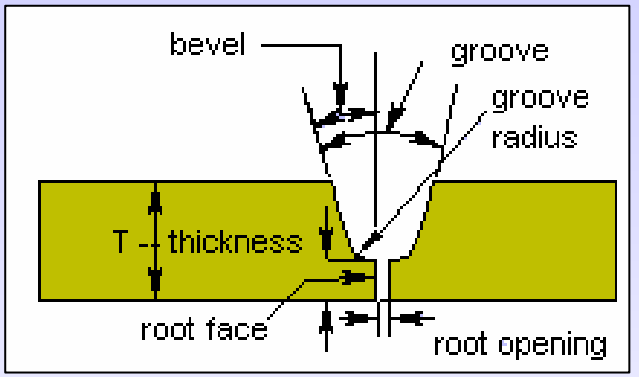


انواع جوش

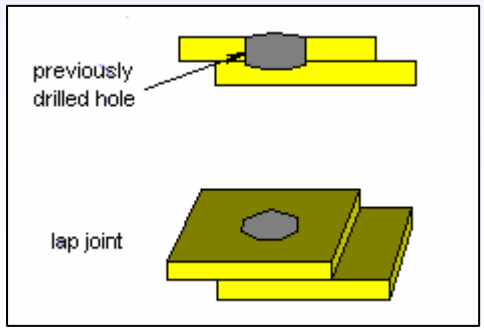
Fillet Weld



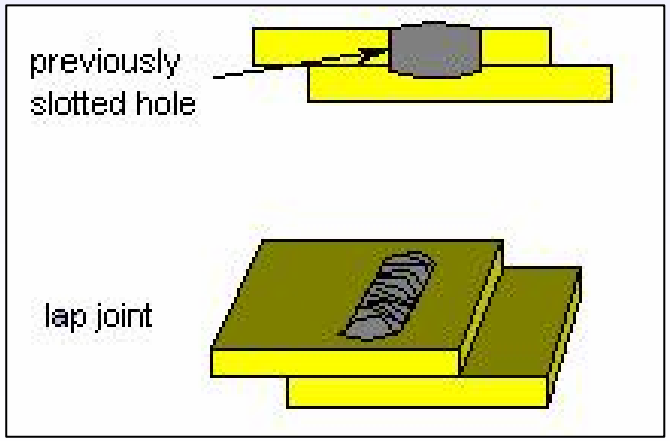
Bevel(groove) Weld



Plug Weld



Slot Weld



مراحل اجرای جوشکاری قوس – الکترود دستی

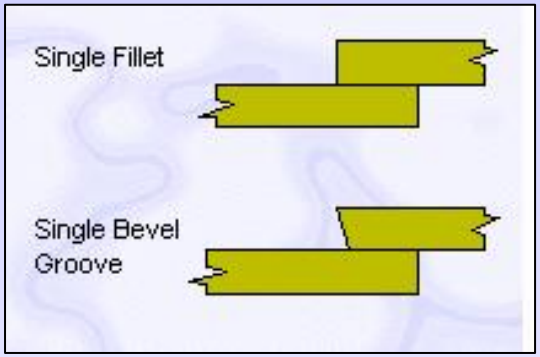
-آماده سازی قطعات:

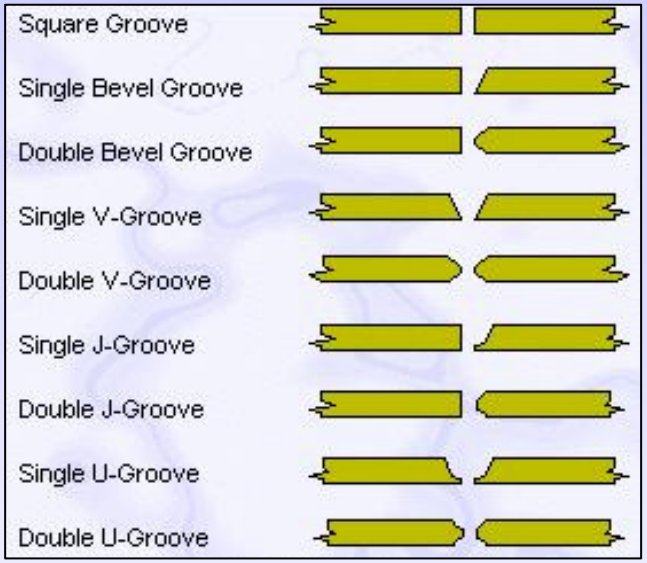
برطرف کردن کلیه مواد زائد ، ناخالصی ها ، آلودگی ها ، رنگ ،اکسید و پوسته ها به فاصلهٔ حداقل15 میلیمتر از هر طرف.

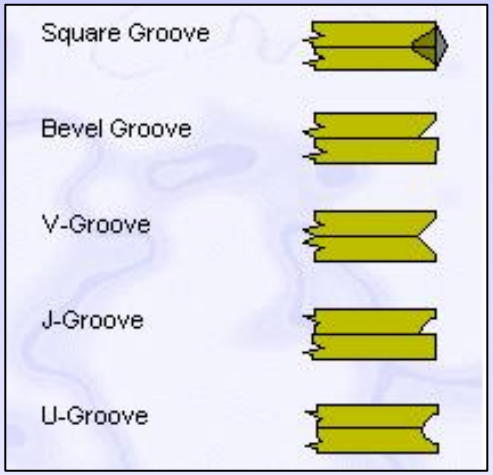
پخ زدن لبه های مورد جوشکاری : (Beveling) متناسب با ضخامت ورق و شرایط کار در ورق های ضخیم از لبه سازی دو طرفه و برای ورق های با ضخامت متوسط از لبه سازی یک طرفه استفاده می‌شود.

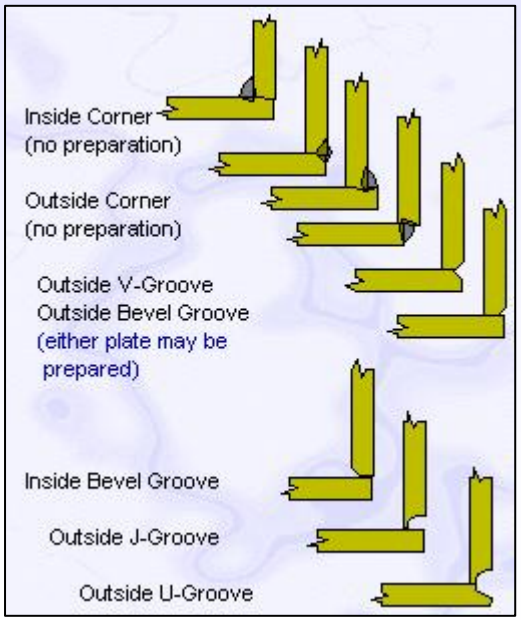
زاویه پخ و شعاع انحناء تحتانی لبه ها بر حسب حساسیت به ترک، پیچیدگی، وزن قطعه در هنگام جوشکاری، نوع الکترود ، مهارت جوشکار و هزینه پخ سازی انجام می گیرد .

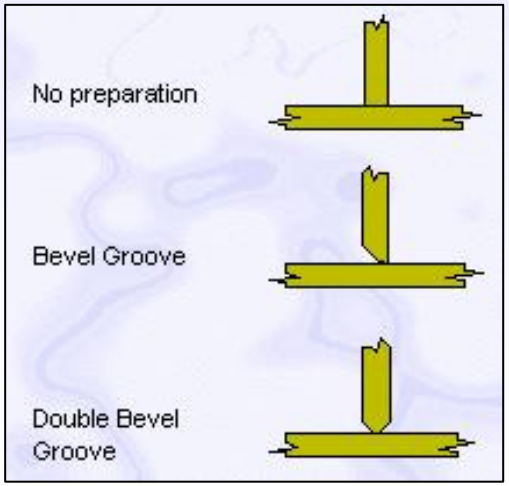
انواع مختلف لبه سازی

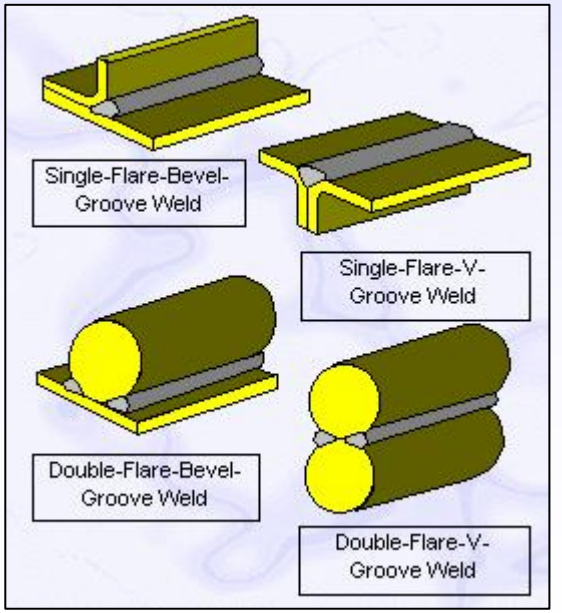












استقرار در کنار یکدیگر

استقرار قطعات در کنار هم طوری انجام می شود که راحت ترین موقعیت برای جوشکاری تامین شود . از گیره , نگهدارنده و وضعیت دهنده ها استفاده می شود .

تک بندی(Tack weld)

قطعات در فواصل مناسب با خال جوش به هم وصل می شوند تا ازپیچیدگی جلوگیری شود.

عملیات جوشکاری

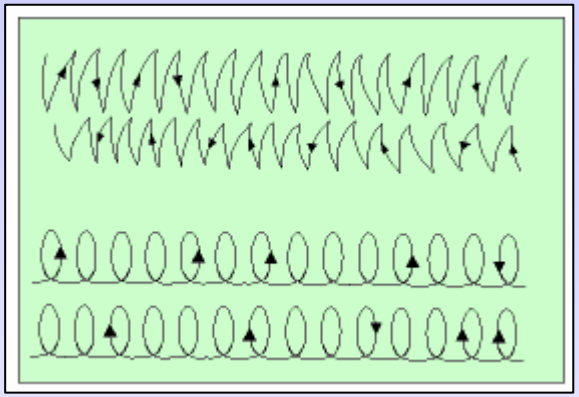
انتخاب الکترود و تنظیم آمپر و قرار دادن کار در موقعیتی که جوشکار احساس راحتی کند. تنظیم آمپر اصولاً روی تکه قراضه ای انجام می گیرد.

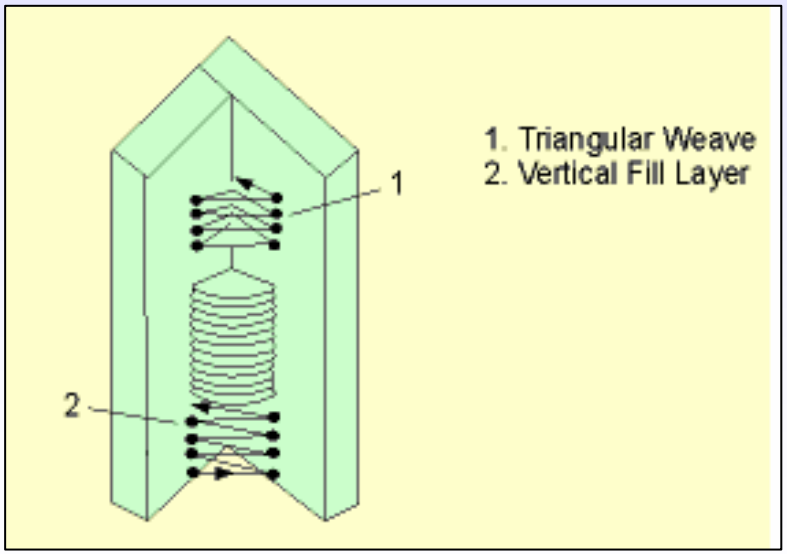
پس از راه اندازی قوس و تنظیم آمپر، قوس را به داخل محل اتصال جهت می دهند تا فلز جوش در محل اتصال رسوب داده شود. لذا جوشکار حرکت های زیر را بایستی همزمان به طور یکنواخت و قابل کنترل انجام دهد این حرکت ها عبارتند از:

الف) تثبیت فاصله نوک الکترود با سطح مذاب حوضچه. در حقیقت الکترود را باید به سمت حوضچه در اثر مصرف پایین آورد.

ب) حرکت الکترود و قوس در سرتاسر مسیر جوش که در اصل تعیین کننده سرعت جوشکاری است. این حرکت توأم با حرکت های زیگزاگی یا موجی شکل است که هر جوشکار بر حسب عادت یک نوع حرکت را انجام می دهد.

Weaving





قطع قوس

قطع قوس به منظور تعویض الکترود بایستی به آرامی انجام گیرد یعنی الکترود به آهستگی به عقب کشیده شود تا عیب دهانه آتش فشان در جوش بوجود نیاید بایستی الکترود را به طرف عقب حرکت داد و همزمان فاصله قوس را زیاد کرد تا قوس خاموش شود .

الکترود بعدی که مورد استفاده قرار می‌گیرد ابتدا بایستی انتهای حوضچه سنگ بخورد و جوش از جلو شروع شود و به طرف عقب برگردد و مجدداً ادامه یابد .

در جوشکاری چند پاسه بایستی سرباره از روی هر پاس بطور کامل تمیز گردد و سپس جوشکاری در پاس های بعدی انجام گیرد. هر پاس حداقل یک سوم پاس زیری را می پوشاند.

بسته بندی و نگهداری الکترود

در نگهداری الکترود در انبار دقت لازم به عمل آید و در محلی دور از رطوبت، آب و باران و گرد و خاک ، دود ، گریس ، چربی ، نگهداری شود.
الکترود نباید در روی زمین انباشته شود ، بهترین جا برای نگهداری الکترود قفسه ها است.

وسایل مورد نیاز

برای فولادهای کربن استیل **Helmet ,Chipping Hammer,Wire brush** و برای فولادهای زنگ نزن از نوع زنگ نزن استفاده می شود.

Leathers ,photo-sensitive lens,Gloves,Hand shield,Face shield استفاده می شود.

زاویه کار (Work Angle)

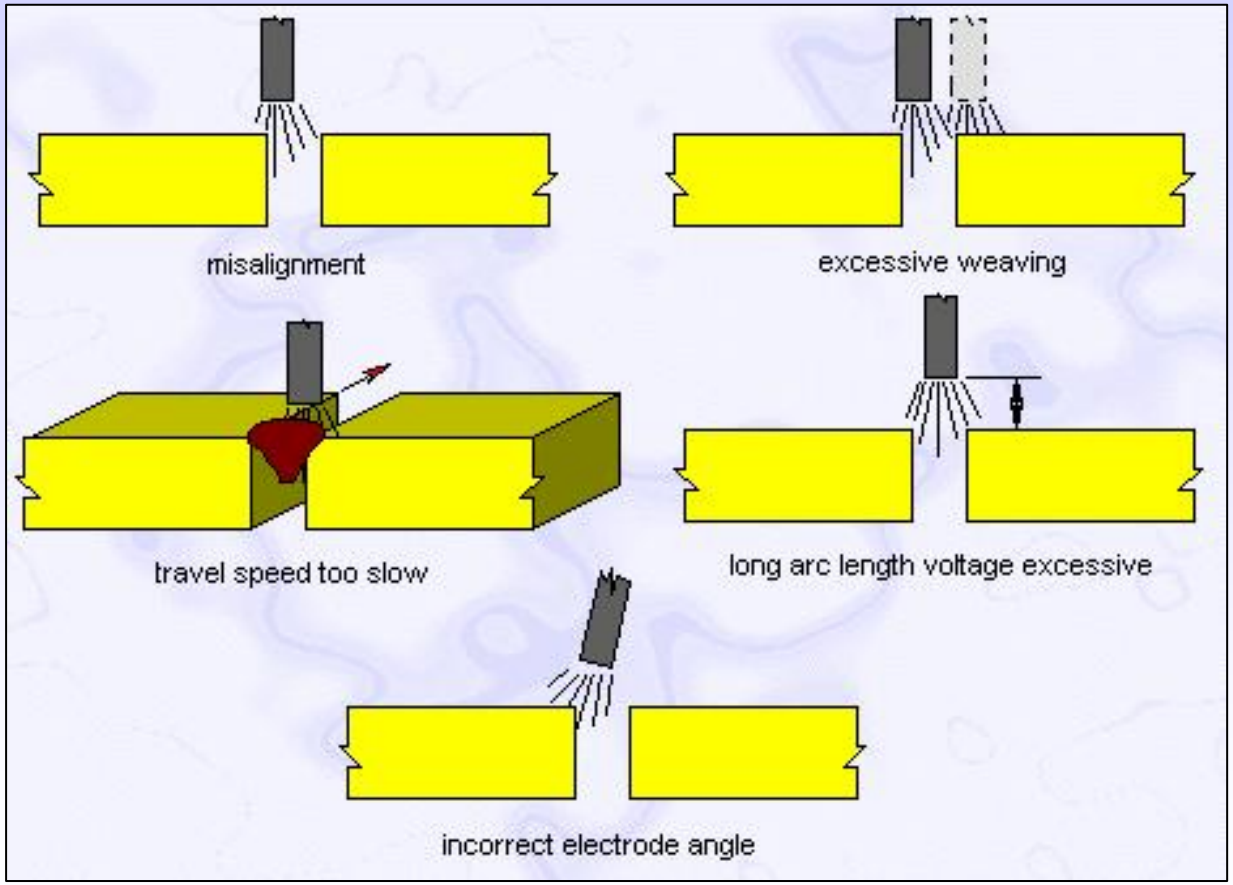
زاویه بین الکترود با خط عمود بر جوش در صفحه عرضی را زاویه کار گویند و باید مطابق با استاندارد انجام شود.

زاویه راهنما (Lead Angle)

زاویه الکترود با خط عمود برجوش در صفحه طولی را زاویه راهنما گویند.

جوشکار بایستی درانتخاب زاویه کار و زاویه الکترود انتخاب صحیحی انجام دهد.

وضعیت‌های نامناسب زاویه الکترود



معایب و محدودیتهای روش SMAW

-با کوتاه شدن الکترود، جوشکار باید الکترود را تعویض نماید و این امر باعث کاهش سرعت و راندمان جوشکاری می شود.

-شدت جریان جوشکاری بدلیل زیاد بودن طول الکترود محدود است. آمپرهای بالا مانند آنچه در تفنگهای اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک استفاده می شود غیر عملی است زیرا فاصله بین قوس و نقطه تماس الکتریکی در نگهدارندهٔ الکترود (طول الکترود) زیاد بوده و شدت جریان جوشکاری بوسیله مقاومت حرارتی زیاد الکترود محدود می شود. درجه حرارت الکترود نباید از درجه حرارت شکست پوشش (Break Down) بیشتر شود زیرا مواد شیمیائی موجود در پوشش با یکدیگر یا با هوا واکنش کرده و وظیفه خود را بخوبی در قوس انجام نمی دهند.

عملیات پیشگرم و پس گرم

عملیات پیشگرم عبارت است از حرارت دادن قطعه به منظور بالا بردن دمای قطعه قبل از عملیات جوشکاری .

اهداف:

1- کنترل سرعت سرد شدن قطعه

2- کنترل میزان نفوذ هیدروژن در قطعه جوشکاری شده

3- کاهش تنشهای حرارتی

4- تقلیل حرارت فروکش برای قطعات ضخیم و فلزات با هدایت حرارتی بالا

عملیات پیشگرم فولادهای ساختمانی

آلیاژ	فرآیند جوشکاری	ضخامت ضخیم ترین عضو در نقطه اتصال (mm)	حداقل دمای پیشگرم و دمای بین پاسی (° C)
فولاد ساده کربنی (ساختمانی)	الکترود دستی با الکترودغیر ازالکترودهای کم هیدروژن	≤ 20 & >3	—
		≤ 38 & >20	65
		≤ 65 & >38	110
		>65	150
	الکترود دستی با الکترود کم هیدروژن، زیرپودری، MIG و الکترود مغزدار	≤ 20 & >3	—
		≤ 38 & >20	10
		≤ 65 & >38	65
		>65	110

درجه حرارت بین‌پاسی

-برای جوشهای چند پاسه جهت یکسان بودن خواص مکانیکی و شرایط برای کلیه پاسها درجه حرارت بین پاسی باید رعایت شود.

- درجه حرارت بین پاسی و درجه حرارت پیشگرم معمولاً یکسان بوده و به جنس و ضخامت قطعه و حرارت داده شده **(Heat Input)** بوسیلهٔ پروسه جوشکاری بستگی دارد.

- افزایش درصد کربن (کربن معادل) و عناصر آلیاژی و ضخامت قطعه باعث افزایش درجه حرارت بین پاسی می شود.

عملیات پس گرم

عملیات پس گرم عبارت است از حرارت دادن یکنواخت قطعه پس از عملیات جوشکاری. عملیات پس گرم به منظور آزاد کردن تنش های پس ماندکه در اثر شیب های حرارتی و دماهای بالا ناشی از جوشکاری بوجود می آیند ، انجام می شود.

عملیات پس گرم موجب ادامه عملیات پیشگرم شده و با افزایش دمای قطعه بعد از جوشکاری موجب سهولت نفوذ هیدروژن به خارج قطعه شده و احتمال بوجود آمدن ترک های سرد یا هیدروژنی کاهش می یابد.

اعوجاج و پیچیدگی در جوش

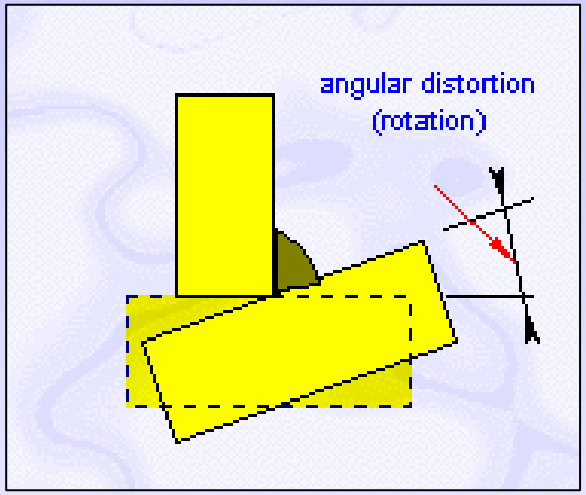
پیچیدگی و تغییر ابعاد یکی از مشکلاتی است که در اثر طراحی اشتباه و تکنیک عملیات جوشکاری اشتباه ناشی می شود .

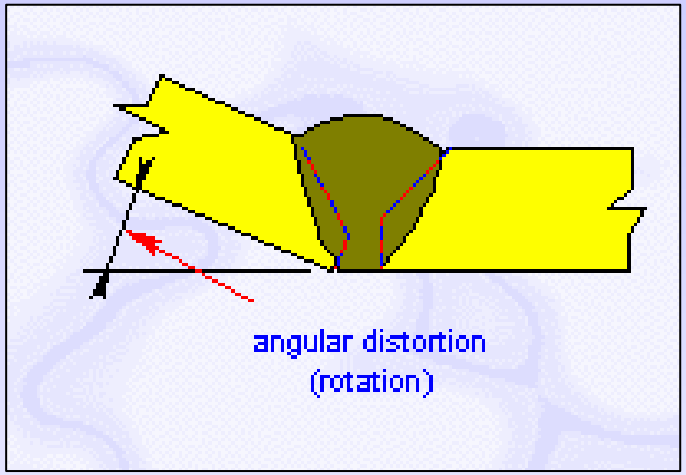
دو روش کلی برای رفع این عیب وجود دارد:

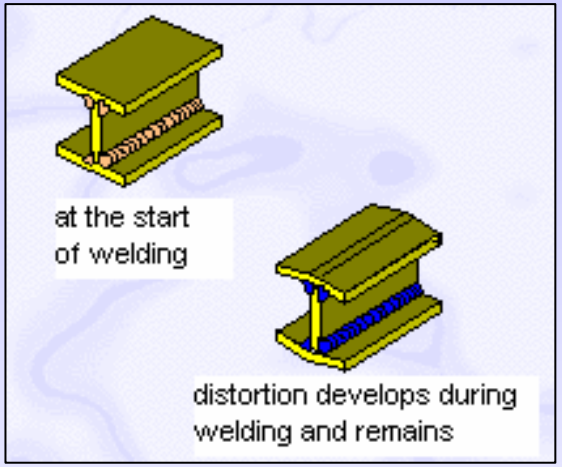
الف – در طراحی و ساخت تدابیری اتخاذ شود که قطعه ساخته شده نهایی بدون پیچیدگی تولید شود.

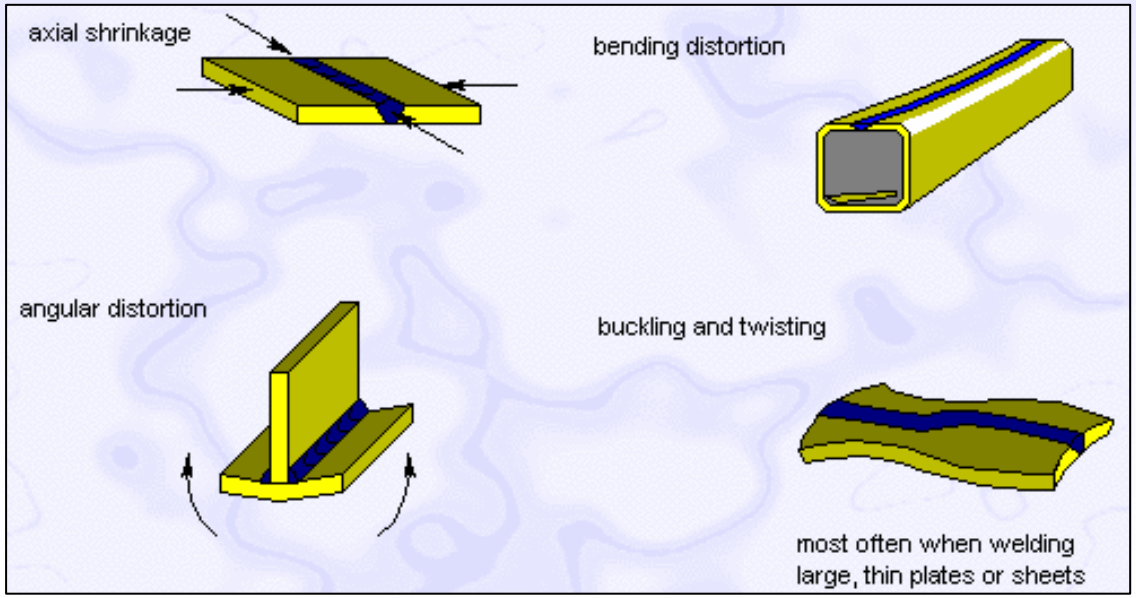
ب- اندازه ابعاد کمی بزرگتر انتخاب شود و پس از خاتمه جوشکاری عملیات خاص نظیر ، ماشین کاری ، حرارت دادن موضعی و یا پرس کاری برای برطرف کردن تاب و تصحیح ابعاد انجام گیرد.

پیچیدگی در اثر انقباض جوش









عوامل مهم بوجود آمدن اعوجاج و پیچیدگی

1-حرارت دادن موضعی ، طبیعت و شدت منبع حرارتی و همچنین نحوه سرد شدن

2-درجه مهار برای جلوگیری از تغییرات انبساط و انقباض (مهارها یا در طرح قطعه وجود دارند یا از طریق مکانیکی مثل گیره ها و بست ها ، خال جوش و .... اعمال می شود.(

3-تنش های باقیمانده در قطعه : در بعضی موارد جوشکاری موجب تشدید تنش های پس ماند و در بعضی موارد باعث خنثی شدن می شود.

4-خواص فلز مورد جوشکاری ، میزان حرارت فروکش ، انتقال حرارت ، ضریب انبساط حرارتی ، تغییر فرم پذیری ، استحکام و ... تأثیر زیادی بر تاب برداشتن دارد . به عنوان مثال فولاد زنگ نرم آستینیتی مشکل پیچیدگی به مراتب بیشتری از فولاد کم کربن دارد.

روشهای جلوگیری از پیچیدگی

-از تعداد پاس بیشتر با اندازه جوش کوچکتر استفاده شود.

- غالباً با کاهش ضخامت مشکل پیچیدگی بیشتر می شود . تشدید حرارت و تمرکز آن ، ازدیاد سرعت جوشکاری ، بالا بودن ضخامت ، ترتیب صحیح رسوب پاس ها ، بکارگیری گیره ها ، بست و نگهدارنده ها و...

-بکارگیری تدابیر خاص قبل از سوار کردن قطعات

عملیات تنش زدایی

در فرایند جوشکاری ، به علت گرم شدن موضعی قطعات ، تنش های داخلی گسترش پیدا می کنند .
تنش های داخلی یا تنش های پس ماند (Residual Stresses) منشأ پیچیدگی قطعات هستند . برای آزاد کردن این تنش ها قطعه باید بطور یکنواخت تا دمایی مناسب حرارت داده شود و سپس تا دمای اتاق به آهستگی خنک شود .

برای قطعات از جنس فولاد ساده کربنی دمای عملیات حرارتی در محدوده

۶۰۰-۶۵۰ درجه سانتیگراداستفاده می شود .

$t \leq 6mm$ → زمان نگهداری حداقل 15 دقیقه

$6 < t \leq 50mm$ → زمان نگهداری حداقل یک ساعت به ازای هر اینچ

$t > 50mm$ → زمان نگهداری حداقل 2 ساعت بعلاوه 15 دقیقه
برای هر اینچ اضافی بیشتر از 2 اینچ

مشخصات روش جوشکاری Welding Procedure Specification

WPS یا مشخصات روش جوشکاری عبارت است از یک دستور العمل به منظور فراهم کردن روش جوشکاری مطابق با ملزومات یک آیین نامه .

ثبت ارزیابی روش جوشکاری Procedure Qualification Record

PQR یا ثبت روش ارزیابی روش جوشکاری عبارت است از ثبت متغیرها و همچنین نتایج آزمایش های انجام گرفته روی نمونه (Test Coupon) که طبق WPS جوشکاری شده است.

ارزیابی جوشکار

برای ارزیابی جوشکار ، یک جوش که دستور العمل آن مورد تایید است توسط جوشکار در وضعیت مورد نظر انجام می گیرد . بر حسب نتایج حاصل از آزمایشات ، صلاحیت جوشکار مورد ارزیابی قرار می گیرد.

برای بررسی قطعه جوشکاری شده ابتدا قطعه بصورت چشمی مورد ارزیابی قرار می گیرد، در صورت تأیید با روش رادیوگرافی بررسی می شود و یا تحت آزمایش های مکانیکی قرار می گیرد .

آزمایش‌های ارزیابی جوشکار

ماکرواچ فرایندی است که در آن ساختار جوش مورد بررسی قرار می‌گیرد.

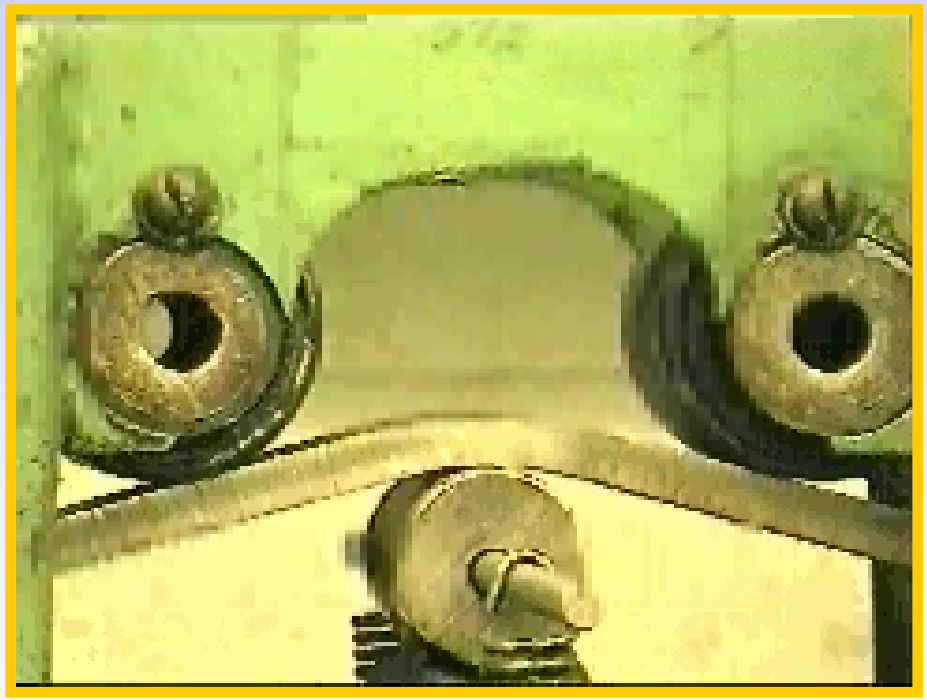
نفوذ جوش و میزان حل شدن فلز جوش و فلز پایه در هم، همچنین حضور آخال‌ها، فلاکس سرباره، تخلخل و ترک در ناحیه جوش و HAZ قابل مشاهده است.

معمولا محلول اچ بر اساس نوع آلیاژ مورد بررسی و نوع عیوب مورد بررسی انتخاب می‌شود.

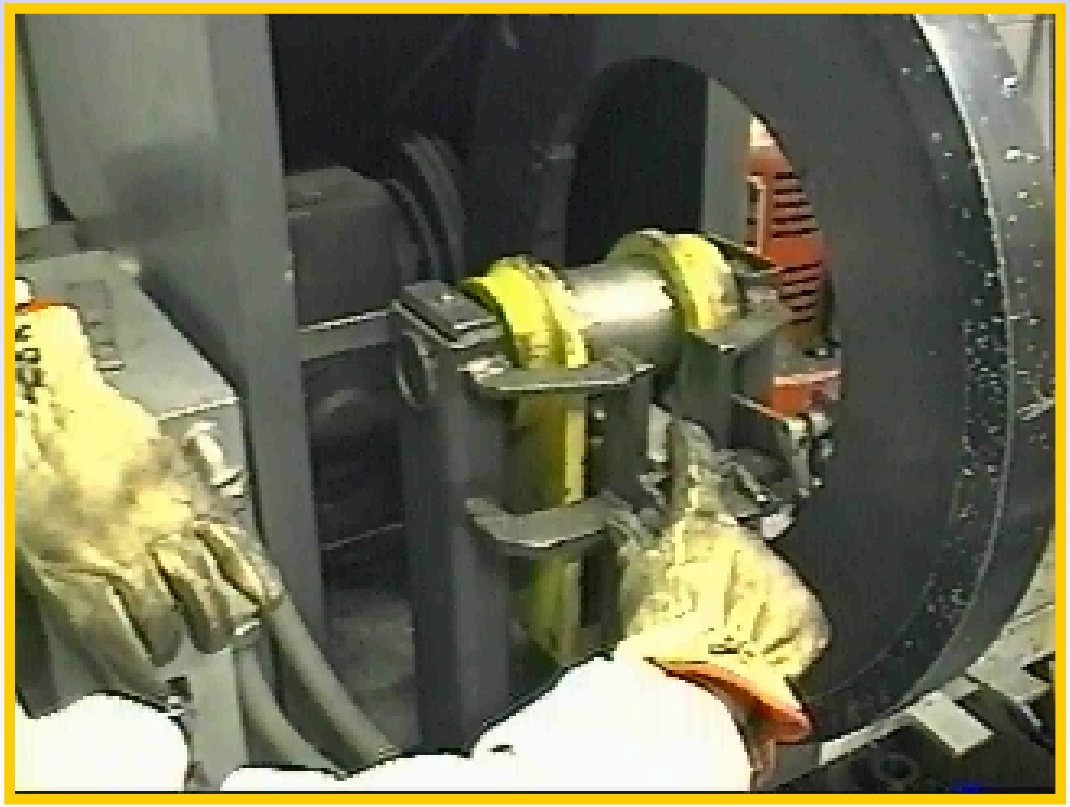
آزمایش‌های مکانیکی

- آزمایش خمش
- آزمایش کشش

تست خمش



تست خمش



تست کشش

محدودیت های مربوط به وضعیت و قطر قطعه ارزیابی جوشکار

تست ارزیابی		وضعیت و نوع جوش ارزیابی شده	
جوش	وضعیت	شیاری (Groove) ورق و لوله با قطر خارجی بیش از ۲۴ اینچ	گوشه ای (Fillet) ورق و لوله
ورق – شیاری	1G	F	F
	2G	F,H	F,H
	3G	F,V,H	F,H,V
	4G	F,O	F,H,O
	4G,3G	All	All
ورقه –گوشه ای	1F	-	F
	2F	-	F,H
	3F	-	F,H,V
	4F	-	F,H,O
	3F,4F	-	All

F:Flat H: Horizontal V: Vertical O: Overhead

عیوب جوش

ترکها : عدم پیوستگی خطی ناشی از شکست را ترک گویند.

ترکهای جوشکاری

1-ترکهای ناشی از انجماد(Solidification crack)
2-ترکهای ناشی از حضور هیدروژن(Hydrogen Induced cracks)
3-ترک یا پارگی سرتاسری(Lamellar tearing)
4-ترک های ناشی از گرم کردن مجدد(Reheat cracks)

ترکهای ناشی از انجماد

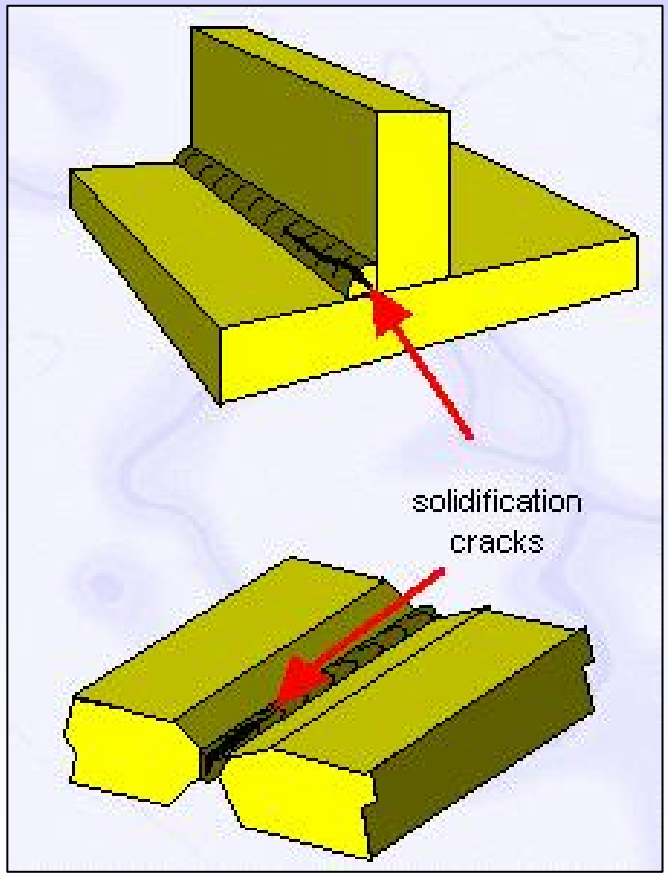
ترکهایی که در هنگام انجماد جوش بوجود می آیند را ترک خوردگی گرم یا ترک خوردگی ناشی از انجماد می نامند.

در فولادهایی که مقدار گوگرد بالایی دارند اتفاق می افتد.

ترک هایی ناشی از انجماد بصورت طولی و از مرکز جوش به طرف پایین اتفاق می افتند.

ترک دهانه آتشفشانی یک نوع ترک ناشی از انجماد است.

Solidification Crack



ترک خوردگی ناشی از مذابLiquidation cracking

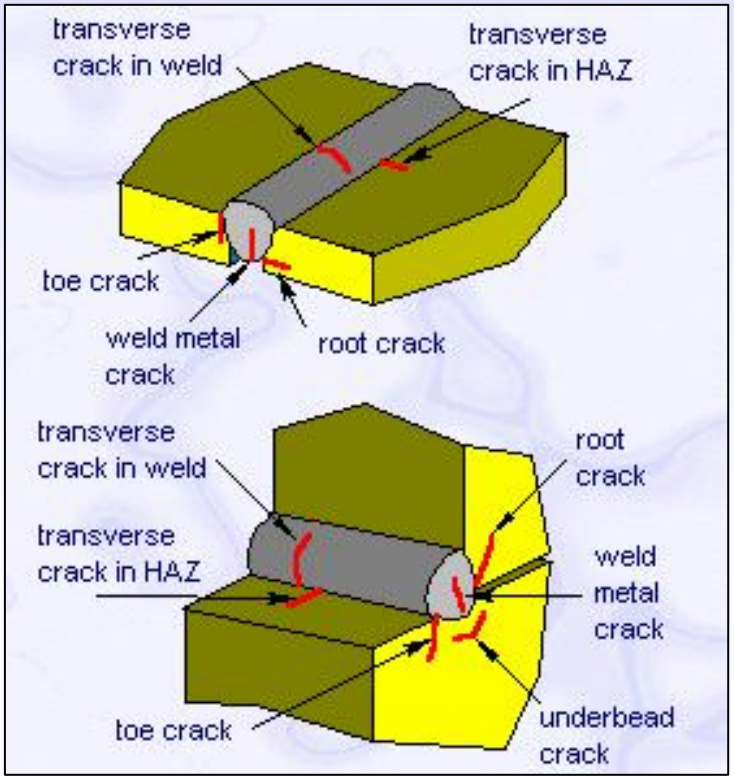
این نوع ترک خوردگی جزو عیوب ناشی از انجماد است.

در مذاب فلز جوش ترکیباتی با نقطه ذوب پایین تر از فلز جوش بوجود می آید همچنین ترکیبات با نقطه ذوب پایین بیشتر در مرز دانه ها انباشته شده و سبب ترک خوردن در منطقه HAZ می شوند.

گوگرد عامل اصلی ترک خوردگی مذاب می باشد.

ترک خوردگی ناشی از هیدروژن(Hydrogen induced cracking)

هیدروژن از طریق قوس وارد حوضچه جوش می شود (بصورت اتمی)
با سرد شدن جوش هیدروژن اتمی نفوذ می کند ولی بعضی از اتمهای
هیدروژن در منطقه جوش بدام افتاده و بصورت مولکولی در می آیند.
در اثر فشار ایجاد شده موجب ایجاد ترک می شوند.
به ترک هایی هیدروژنی ترک های سرد هم گفته می شود .



ترکیدگی یا پارگی سرتاسری(Lamellar tearing)

ترک ها بصورت پله ای پیشرفت می کند و در فلز پایه و یا HAZ فولادهایی که در ضخامت انعطاف پذیری خوبی ندارند اتفاق می‌افتد .

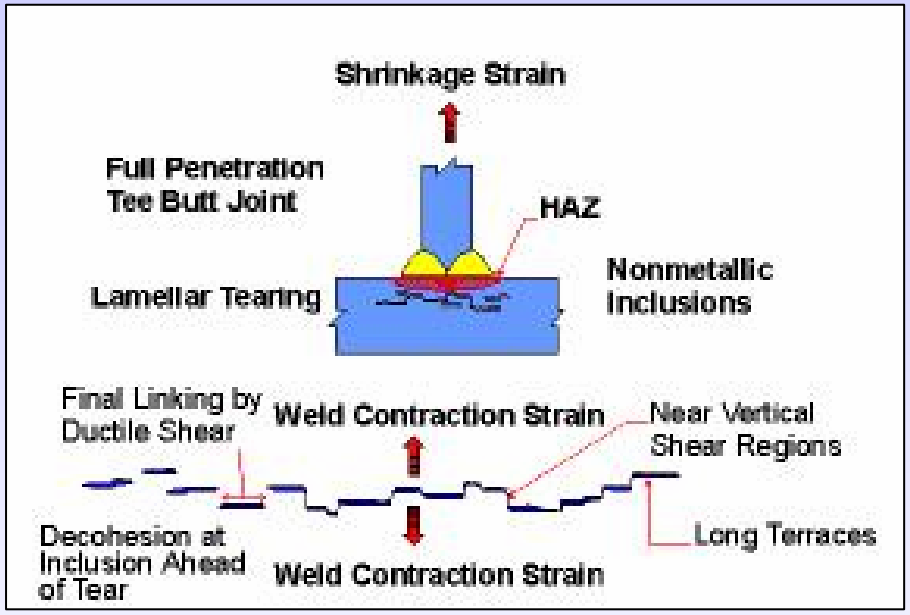
در مناطقی که منطقه ذوب جوش موازی رویه فلزی و یا لوله می‌باشد بیشتر اتفاق می‌افتد .

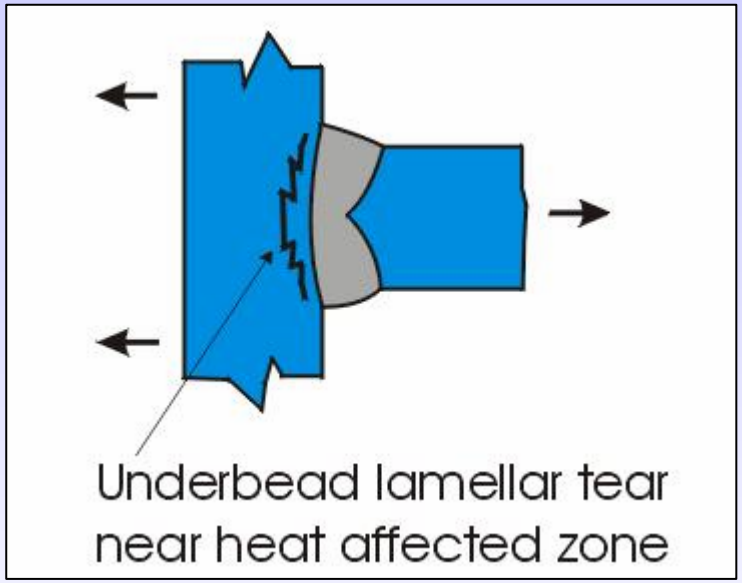
ترکیدگی یا پارگی سرتاسری در جوشهایی اتفاق می افتد که مهار اضافی بیش از حد دارند و موجب ایجاد تنش در عمق و در گوشه ها ، اتصالات T شکل و جوشهای Fillet می شود.

قطعات ضخیم محتوی گوگرد زیاد مستعد این نوع ترک هستند.

وجود هیدروژن حساسیت به ترکیدگی و پارگی سرتاسری را زیاد می‌کند.

Lamellar Tearing



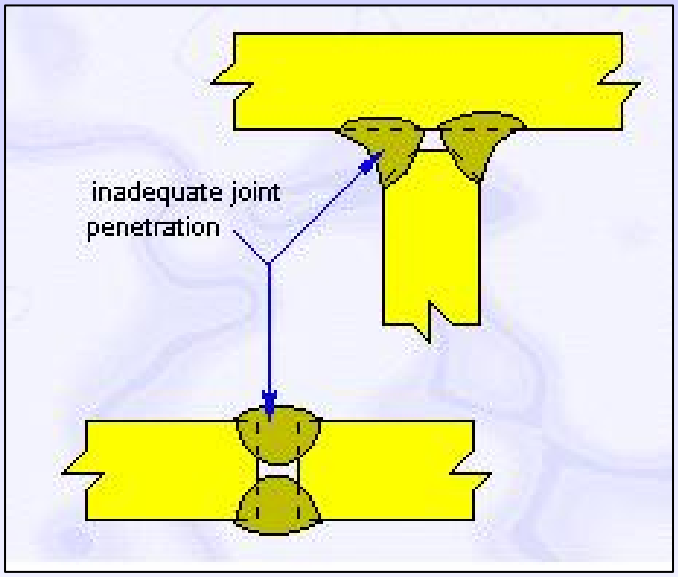


ترک خوردگی از گرم کردن مجدد(Re-heat cracking)

این عیوب به ترک های ناشی از تنش زدایی نیز معروفند و معمولاً در منطقه HAZجوش بوجود می آیند.

بیشتر برای فولادهای آلیاژی هنگام عملیات حرارتی پسگرم و یا عملیات در دماهای بالا بوجود می آید . ترکهای ناشی از عملیات گرم کردن مجدد در مناطقی که تمرکز تنش زیاد می باشد و عیوب در آن منطقه وجود دارند اتفاق می افتد.

عدم نفوذ در ریشه(Incomplete Root penetration)



جوش در ریشه یک اتصال نفوذ نکرده است.

علت بوجود آمدن:

۱) دهانه جوش خیلی عمیق است.
۲) فاصله بین دو قطعه خیلی کم است.
۳) طول قوس خیلی زیاد است.
۴) انتخاب پلاریته اشتباه.
۵) الکترود انتخاب شده خیلی قطور است .
۶) زاویه الکترود غلط انتخاب شده است .
۷) سرعت جوشکاری برای جریان مورد نظر خیلی زیاد .

تعقر در ریشه(Root concavity)

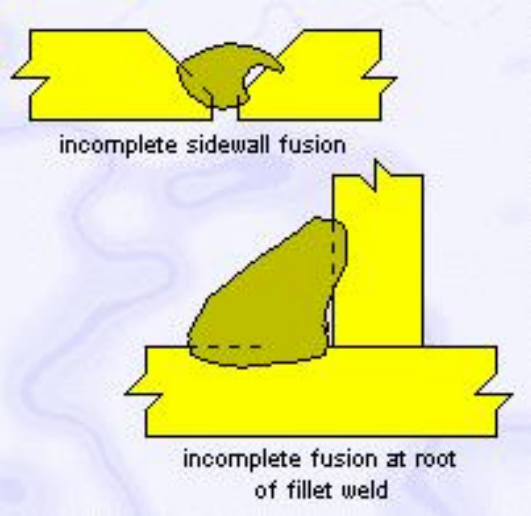
فرورفتگی که عمق آن از قطر دهانه کمتر باشد (در ریشه جوش) به تعقر در ریشه معروف است.

علت بوجود آمدن

۱) Root face خیلی بزرگ
۲) انرژی قوس ناکافی
۳) دمیدن بیش از حد گاز در پشت جوش هنگام جوشکاری به روش TIG

عدم ذوب(Lack of fusion)

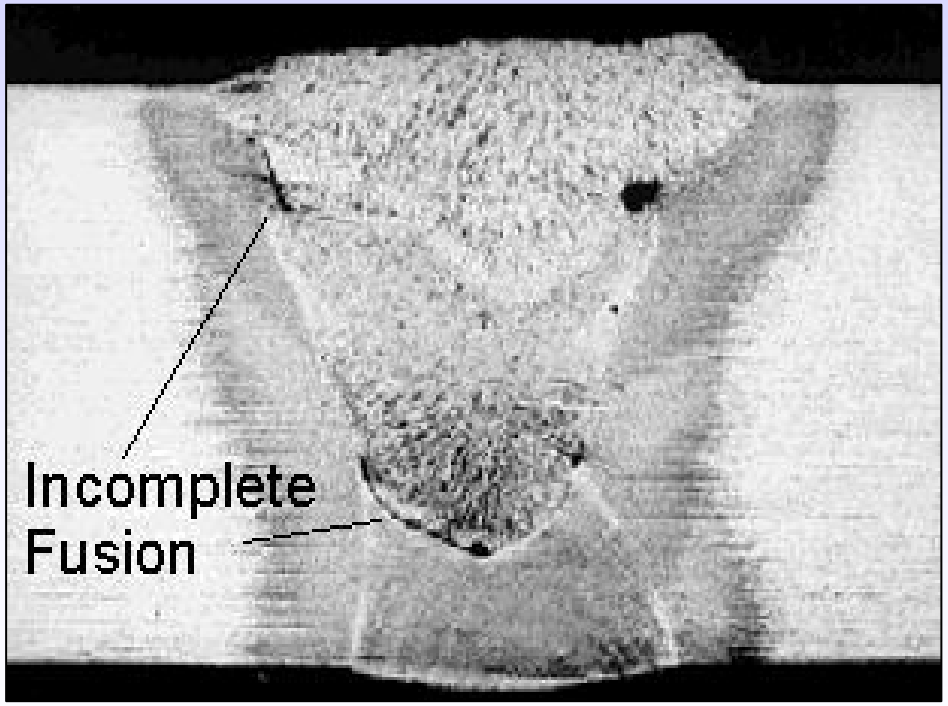
به عدم الحاق در یک جوش عدم ذوب می گویند.



عدم الحاق در یک جوش ممکن است بصورت:
بین فلز جوش و فلز پایه
بین فلز پایه و فلز پایه
بین فلز جوش و فلز جوش بوجود آید.

علت بوجود آمدن
۱) سطوح وقطعات آلوده باشد و مانع ذوب شود.
۲) آمپر دستگاه جوشکاری خیلی کم باشد.
۳) آمپر خیلی زیاد باشد بطوریکه سرعت انتقال الکترود زیاد باشد و یک عدم ذوب در لایه های فلز بوجود آید.

LOF



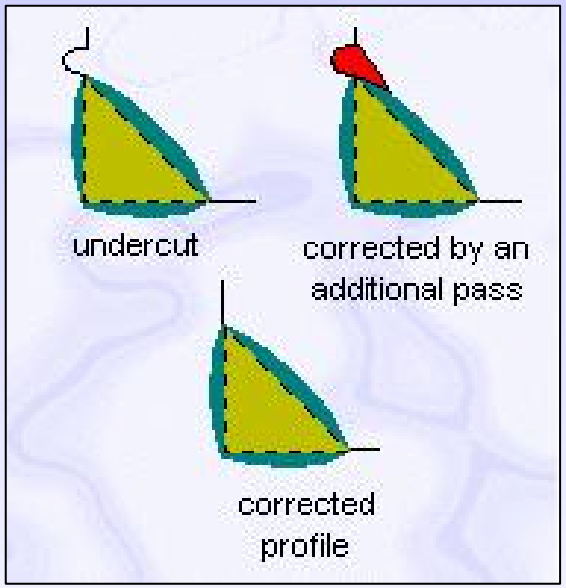
گود افتادگی کناره زیر برش(Undercut)

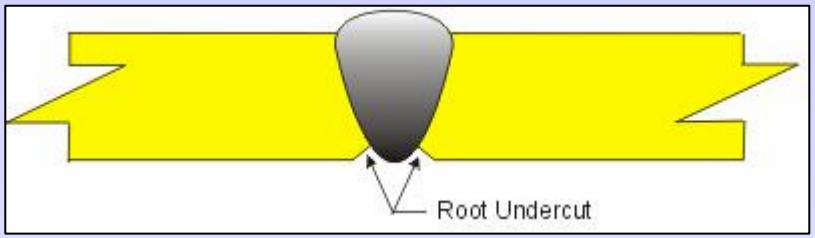
بوجود آمدن یک شیار بی قاعده روی فلز پایه در اطراف خط جوش و افتادگی کناره یا زیر برش می گویند.

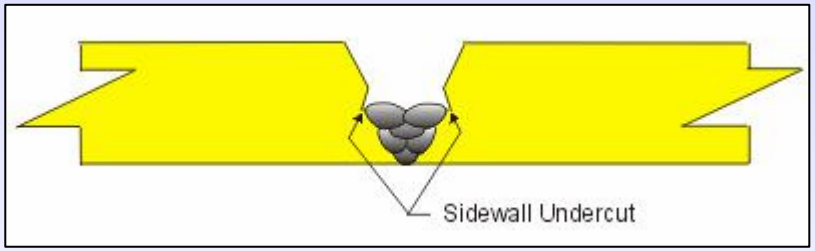
علت بوجود آمدن

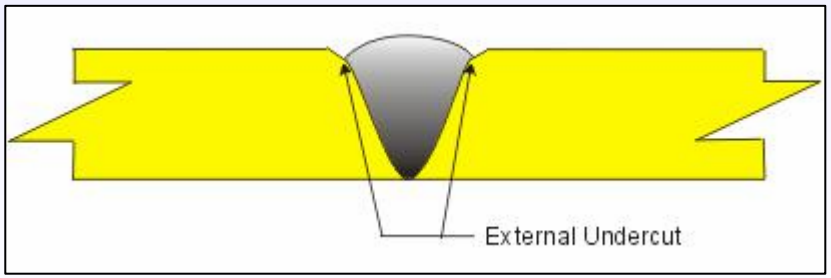
-جریان جوشکاری بیش از حد زیاد
-سرعت جوشکاری خیلی زیاد
-زاویه الکترود صحیح نباشد
-موجی دهی الکترود بیش از حد باشد
-الکترود خیلی قطور

Undercut


undercut
corrected by an additional pass
corrected profile


Root Undercut


Sidewall Undercut


External Undercut

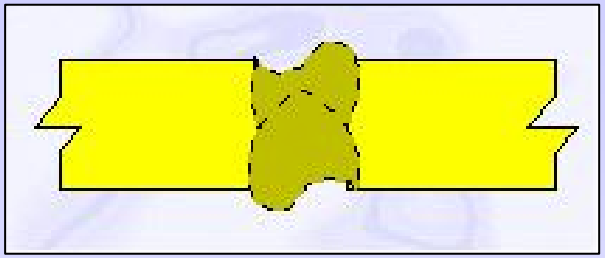
جوشهای کاملاً پر نشده(Incompltely filled)

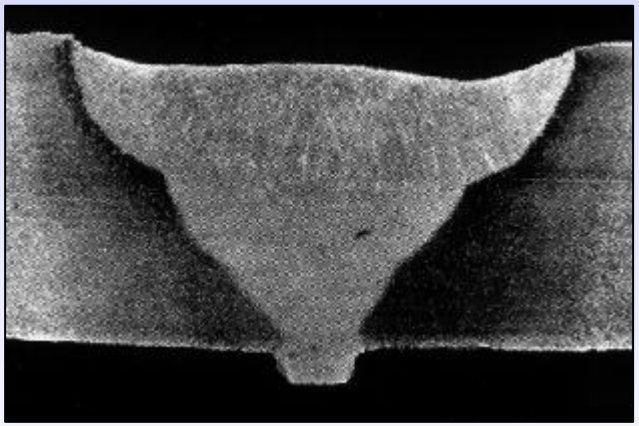
یک کانال پیوسته یا منقطع در سطح جوش که در طول آن ادامه دارد و ناشی از کمبود فلز جوش است به جوش پر نشده معروف است. کانال ممکن است در امتداد مرکز یا در یک طرف لبه های جوش باشد.

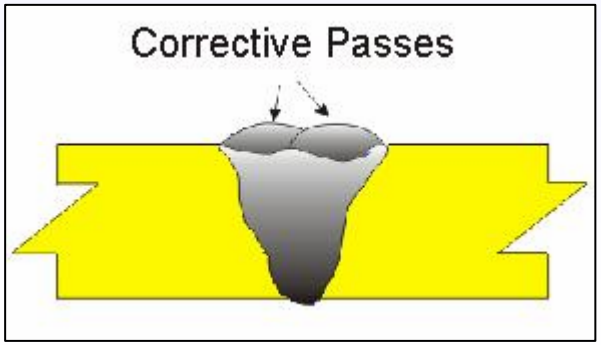
علت بوجود آمدن

۱) ناکافی بودن فلز وارد شده به حوضچه
۲) مناسب نبودن تکنیک جوشکاری

جوشهای کاملا پرنشده







روش اصلاح

انقباض یا کشیدگی در شیارShrinkage groove

یک شیار کم عمق که در اثر انقباض جوش در امتداد هر طرف از دیواره نفوذی بوجود می آید را کشیدگی و یا انقباض در شیار می گویند.

حفره های گازی یا تخلخل(Gas pores /porosity)

حفره سوزنی : (pin hole)عبارت است از حفره ای که قطر آن زیر 1.5mm باشد و در اثر جذب گاز در هنگام انجماد فلز ذوب شده بوجودآید.

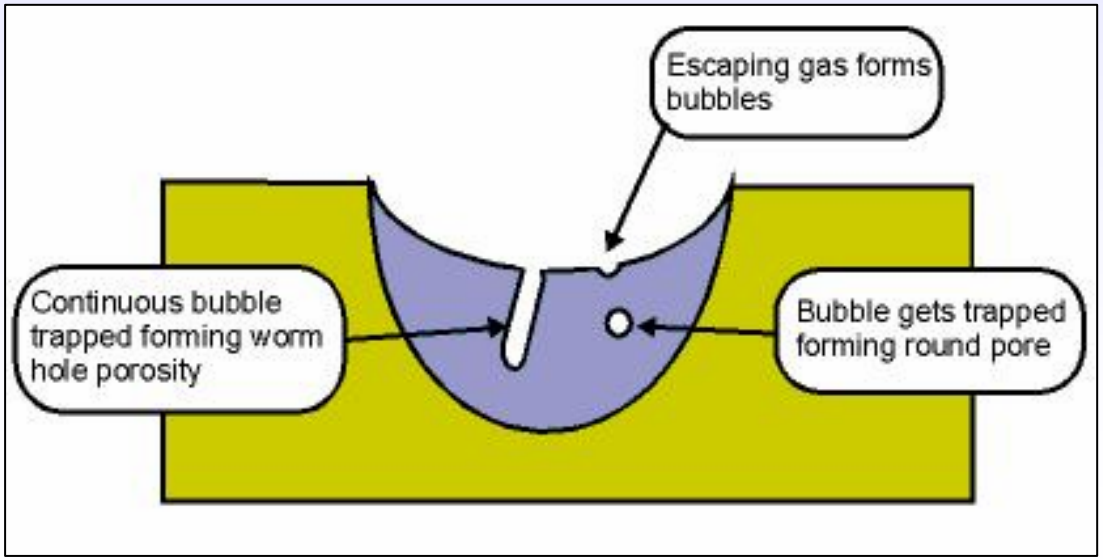
تخلخل: تجمع تعدادی از حفره های گازی

Blowhole: حفره ای که معمولاً قطری بیشتر از 1.5mm دارد.

Worm Hole یا Piping: حفره دراز شده یا حفره‌ای با مقطع لوله‌ای

Hollow bead: حفره ای دراز شده در ریشه جوش

Herring bone porosity: حفره هایی که به صورت بغل به بغل و به شکل استخوان دم ماهی هستند.



علت بوجود آمدن:

۱) رطوبت بیش از حد فلاکس
۲) رطوبت بیش از حد در هنگام آماده سازی مقطع جوش
۳) آلوده بودن لبه ها به پوسته ، لایه اکسید و غیره
۴) بکارگیری جریان جوشکاری کم و یا زیاد
۵) طول قوس بیش از حد زیاد
۶) آسیب دیدگی روپوش الکترود
۷) تکنیک غلط موج دهی الکترود
۸) دور شدن گاز محافظ از اطراف جوش مثلاً در اثر وزش باد در سایت

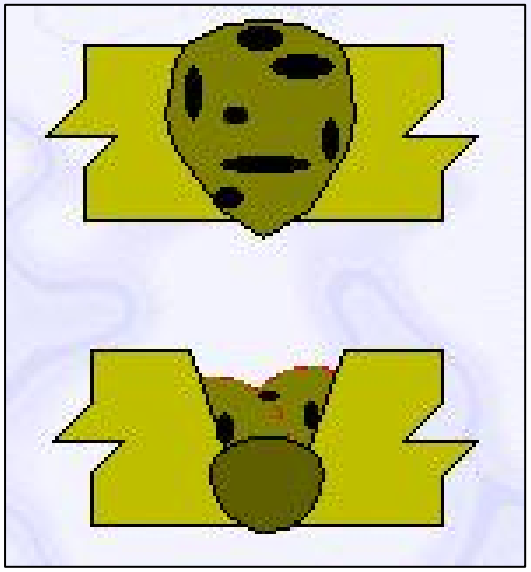
آخال هاInclusions

آخال سرباره:

آخال سرباره عبارت است از ناخالصی های غیر فلزی گرفتار شده در حوضچه جوش که معمولاً منشا آن از پوشش الکترود است.

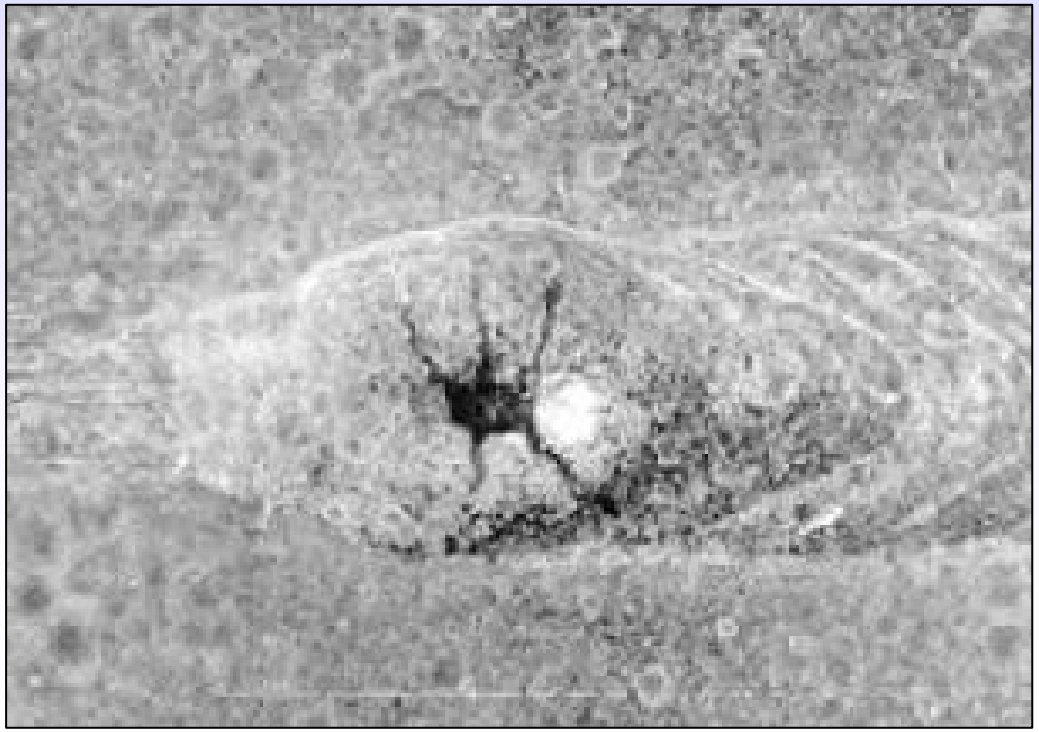
علت بوجود آمدن ناخالصی های سرباره ای

۱) عدم تمیز کاری کافی گل جوش بین پاسهای متوالی
۲) آلوده بودن سطح اتصال آماده شده
۳) جوشکاری برروی یک سطح با انحناء نامنظم
۴) نامناسب بودن سرعت جوشکاری
۵) طول قوس خیلی زیاد



حفره انتهایی Crater pipe

در جایی که الکترود از سطح جوش برداشته شود حفره تشکیل شده ناشی از انقباض جوش را حفره انتهایی می گویند.



لکه قوسArc-strike

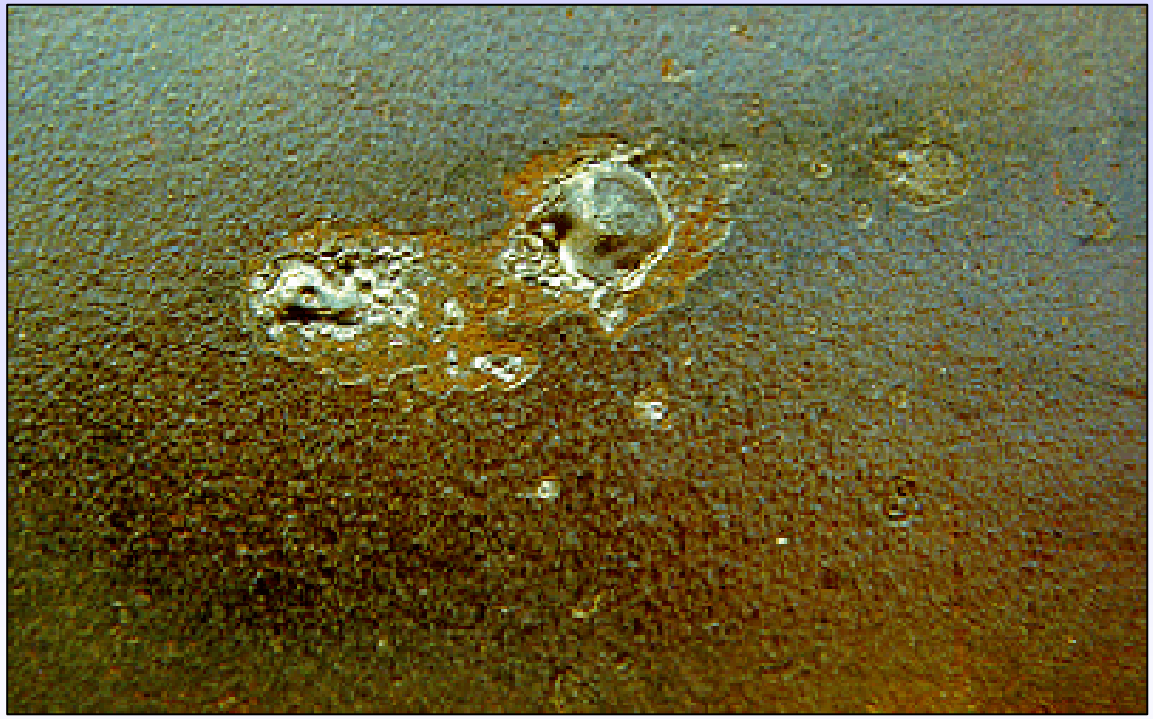
آسیب دیدن سطح فلز در اثر قوس ناخواسته یا جرقه زنی

لکه قوس باعث بوجود آمدن ساختار بسیار ترد می شود .

علت بوجود آمدن:

۱) برخورد الکترود به طور ناخواسته با فلز پایه .
۲) نگهدارنده الکترود که از عایق خوبی برخوردار نیست قطعه کار را لمس کند.
۳) اتصال بدنه بصورت صحیح انجام نگرفته و امکان جرقه می باشد.

Arc Strike



پاشش یا ترشح Spatter

قطرات مذاب که از منطقه قوس به اطراف پراکنده می شوند و می تواند باعث ذوب یا عدم ذوب فلز پایه شوند.

علت بوجود آمدن:

۱) انرژی بیش از حد قوس
۲) طول بیش از حد قوس
۳) استفاده از الکترود مرطوب
۴) وزش قوس

بازرسی جوش

بمنظور اطمینان از کیفیت جوش و مطابقت آن با خواسته ها و نیازها کلیه مراحل مختلف عملیات جوشکاری باید کنترل و مورد بازرسی دقیق قرار گیرند .

مراحل انجام بازرسی

-قبل از جوشکاری

- در حین جوشکاری

-بعد از جوشکاری

بازرسی در مراحل فوق موجب کاهش هزینه های تعمیرات و دوباره کاری شده و حصول جوش بدون عیب و با کیفیت بالا را تضمین می نماید.

بازرسی قبل از جوشکاری

مواردی که قبل از انجام عملیات جوشکاری باید کنترل و بازرسی گردد:

-ارزیابی جوشکاری و تأیید صلاحیت آن جهت جوشکاری مورد نظر

-نحوهٔ مونتاژ قطعات و کنترل پارامترهای اتصال جوش (**Root Face , gap**)
میزان پخ زنی و غیره

-بررسی تجهیزات مورد استفاده

-بررسی قطعات مورد جوشکاری از نظر عیوب و انحرافات مجاز ، جنس ، ضخامت و غیره

بازرسی موقع جوشکاری

-بازرسی ترتیب و توالی پاسهای جوش و کنترل تمیز کاری بین پاسهای مختلف

-بررسی و کنترل پارامترهای جوشکاری (آمپر ، ولتاژ ، قطبیت و(...

-بازرسی مواد مصرفی (از قبیل نوع الکترود و شرایط بکارگیری آن ، گاز خنثی ، فلاکس و(....

-کنترل درجه حرارت پیشگرم ، حفظ درجه حرارت بین پاسی در صورت لزوم

بطور کلی کلیه مراحل جوشکاری مطابق WPS تأیید شده باید انجام گیرد و بازرس موظف است کلیه پارامترها را کنترل نماید.

بازرسی بعد از جوشکاری

-بازرسی چشمی و کنترل عیوب مرئی و قابل رؤیت شامل بریدگی کناره جوش ، بازرسی ابعادی و مقدار جوش ، پرنشدگی یا نفوذ اضافی ، ترکهای سطحی در جوش و فلز پایه ، گره قطع ووصل قوس و ناهمواریهای سطح جوش، تقعر و تحدب سطح جوش و غیره

-کنترل تنش زدائی و عملیات پس گرم (در صورت لزوم(

-کنترل پیچیدگی و تغییر شکل‌های حاصل از جوشکاری

-بازرسی های غیر مخرب

آزمایش های غیر مخرب(Non-destructive Testing)

آزمایش غیر مخرب عبارتست از آزمودن یک ماده بدون اینکه آن ماده تخریب و از بین برود.

آزمایش غیر مخرب بیشتر به منظور تشخیص عدم پیوستگی های مواد و قطعات بکار گرفته می شود.

روش های اساسی آزمایشهای غیر مخرب

بجز روش بازرسی چشمی چهار روش اساسی آزمایشهای غیر مخرب عبارتند از :

-بازرسی توسط ذرات مغناطیسی(Magnetic Particle Test)
-بازرسی توسط مایعات نافذ(Liquid Penetrant Test)
-بازرسی به روش پرتونگاری(Radiography Test)
-بازرسی به روش فراصوتی(Ultrasonic Test)

در تمامی روشهای غیر مخرب تفسیر نتایج از اهمیت ویژه ای برخوردار است و صحت تفسیر نیاز به مهارت و تجربه مفسر دارد .

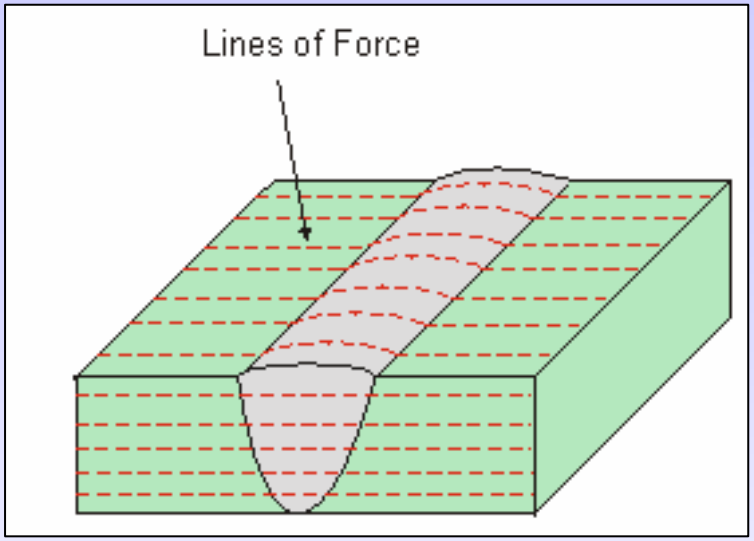
بازرسی به کمک ذرات مغناطیسی

هنگامی استفاده می‌شود که بخواهند ناپیوستگی های سطحی و زیر سطحی (حداکثر ٦ mmزیر سطح) را در مواد فرومغناطیس به کمک شار مغناطیسی تشخیص دهند .

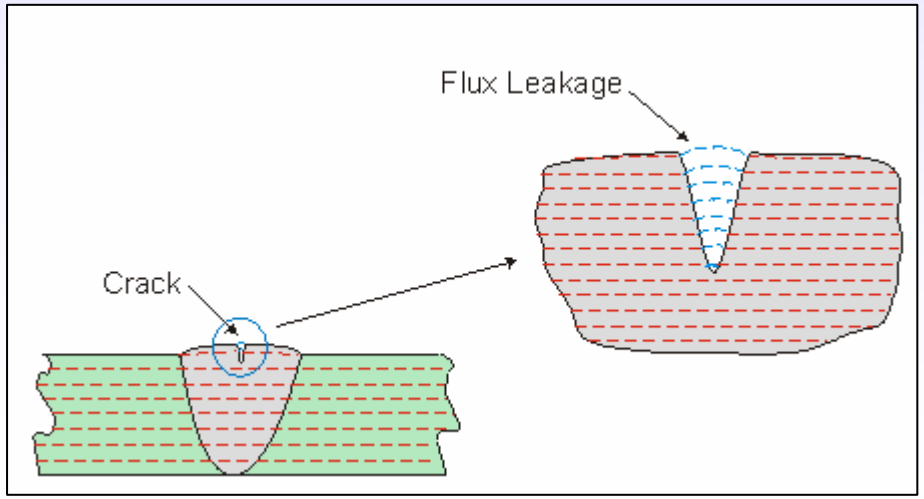
وجود عیوب سطحی یا زیر سطحی در قطعه باعث نشتی میدان شده و یک آهن ربای موضعی روی سطح قطعه بوجود می آید که پودر آهن دراین محل جذب قطعه شده و طرحی از عیب موجود در قطعه را نمایش میدهد.

ذرات پودر آهن به صورت خشک و یا تر با استفاده از جریان AC و یا DC بر حسب طبیعت عیب و موقعیت آن در قطعه کاربری دارد.

اصول روش MT



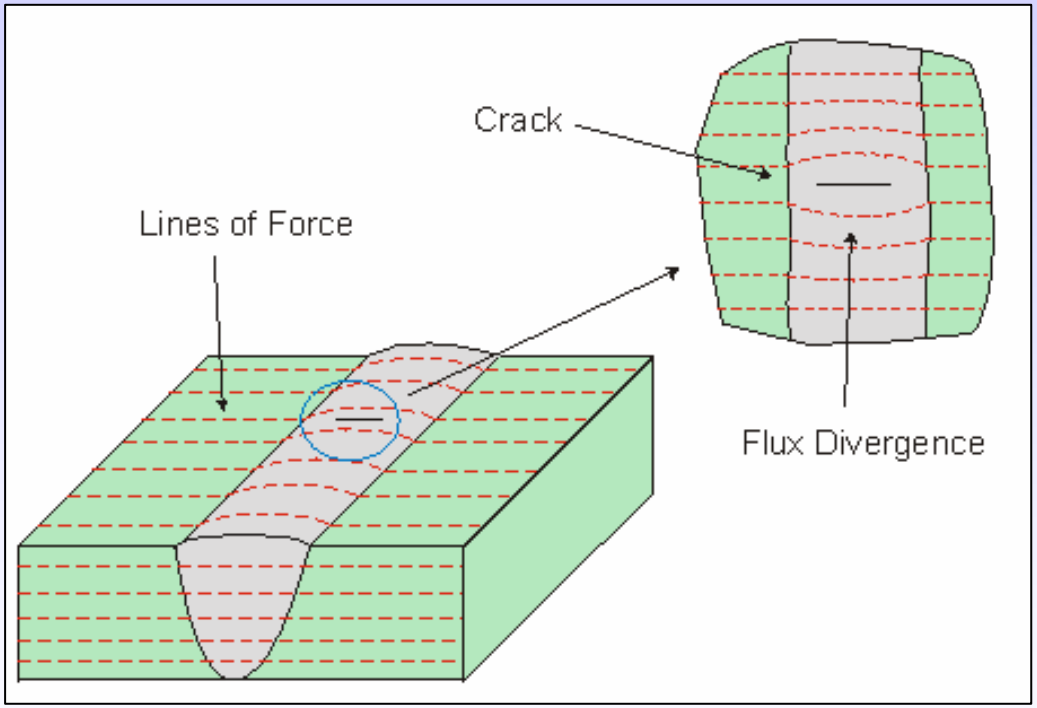
خطوط قوا در یک قطعه سالم



نشت میدان در اثر وجود عیب

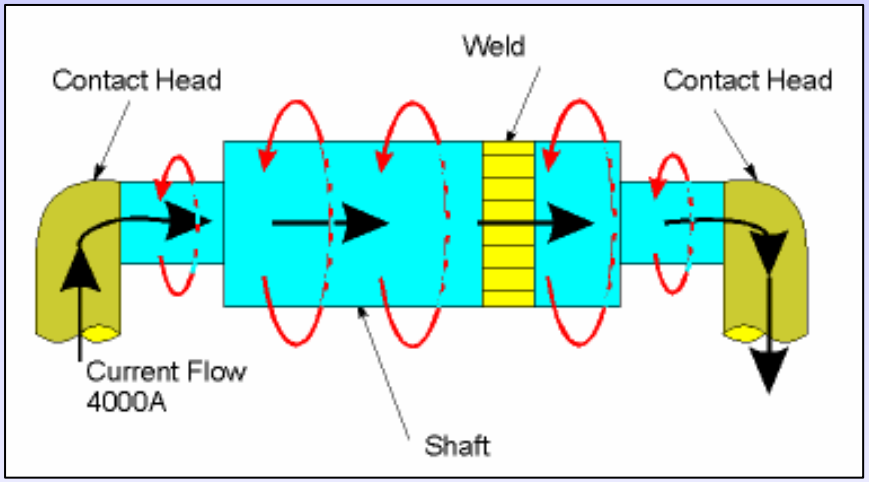
جهت تشخیص عیوب موجود در قطعه

جهت شار مغناطیسی باید عمود بر عیب باشد:



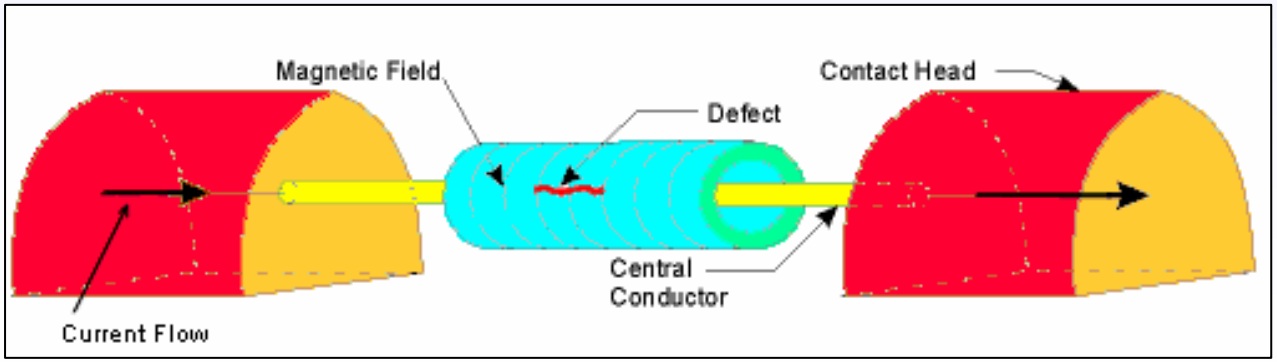
بنابراین آزمایش قطعات در دو جهت عمود بر هم انجام می گیرد تا کلیه عیوب موجود در قطعه (درجهت های مختلف) مشخص گردد.

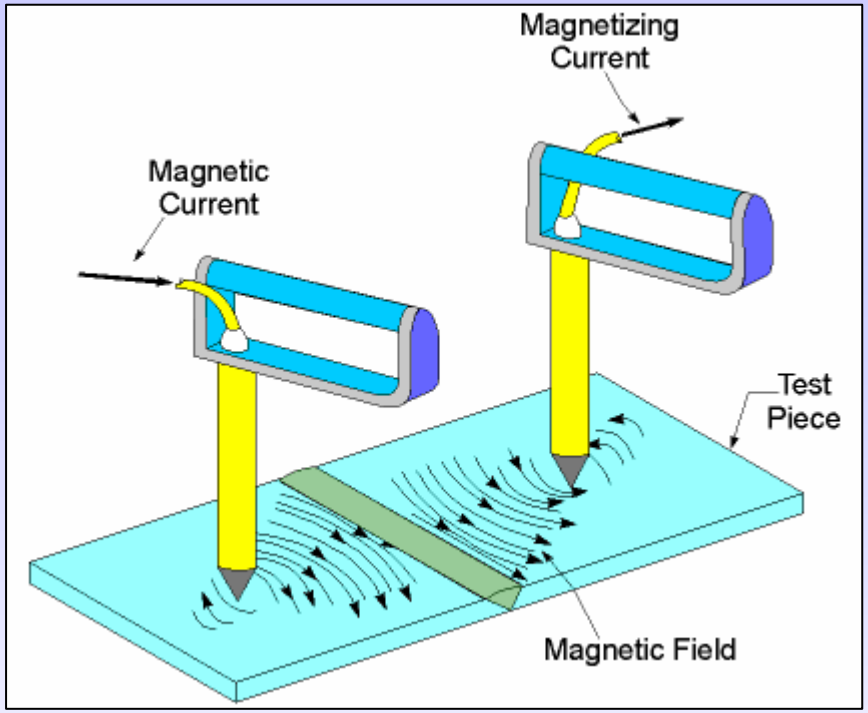
روش‌های مغناطیس کردن قطعات



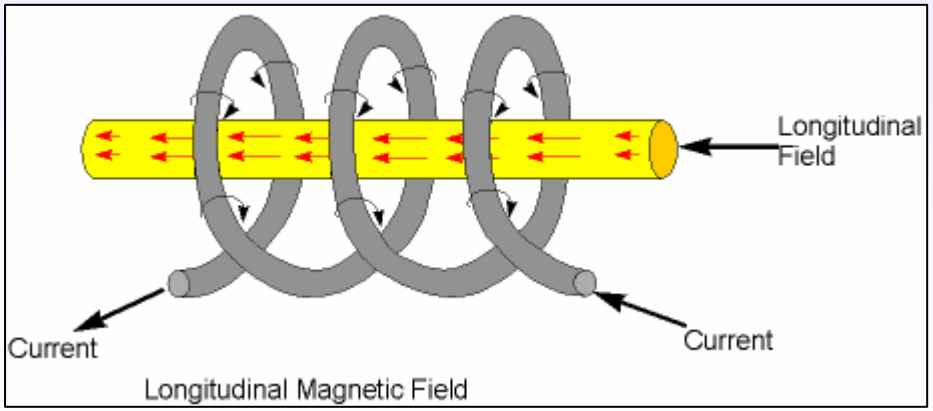
ایجاد میدان مدور با
عبور جریان از قطعه

Central conductor

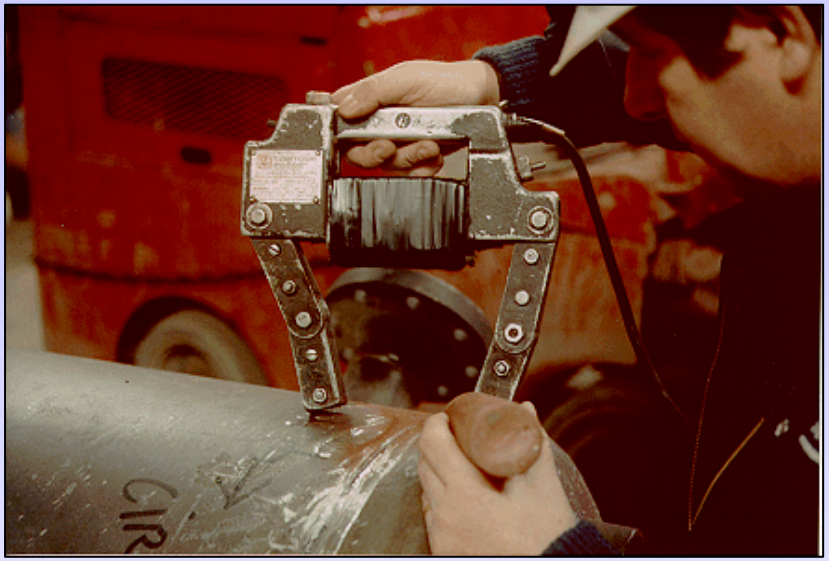




Prod



میدان طولی



روش Yoke

بازرسی توسط مایعات نافذ

روش مایعـات نافـذ ویژه تشخیص ناپیوستگی های سطحی از طریق اعمال مایعات نافذ بر سطح قطعات پایه گـذاری شده است .

ناپیوستگـی ها بخاطر خاصیت موئینگی مایع نافـذ را به درون خـود جذب می نماید که پس از برداشتن مایع نافذ اضافی، مقدار ماده بجا مانده در درون عیوب را به کمک ماده ظاهر کننده نمـایان می کنند .

به منظـور تباین بیشتـر از ذرات رنگیـن و یا ذرات فـلورسانس استفاده می کنند.

انواع مایعات نافذ

1-Post emulsifiable Fluoresent Dye Penetrant
2-Solvent Removable Fluoresent Dye Penetrant
3-Water Washable Fluoresent Dye Penetrant
4-Post Emulsifiable Visible Dye Penetrant
5-Solvent Removable Visible Dye Penetrant
6-Water Washable Visible Dye Penetrant

حساسیت از بالا به پائین کم میشود.

مایع نافذ اضافی در صورتیکه از نوع قابل شستشو با آب باشد با آب برطرف میشود در صورتیکه مایعات نافذ پایه آلی را باید با پارچه حاوی حلالهای آلی برطرف نمود.

شرایط آزمایش

دمای قطعه درهنگام انجام تست مایع نافذ باید در محدودهٔ 16تا 52 سانتیگراد باشد .

زمانی که مایع نافذ باید بر روی قطعه قرار گیرد (زمان نفوذ یا **Dwell Time**) به نوع مایع نافذ و جنس قطعه بستگی دارد. برای تست جوش قطعات فولادی زمان لازم برای مایعات نافذ قابل شستشو با آب (نوع 6) حدود 30 دقیقه

می باشد .

زمان نفوذ برای مایعات نافذ نوع 4و۵ کمتر و حدود ۵-۱۰ دقیقه می باشد .

ماده آشکار ساز (**Developer**) اگر بصورت خشک و غیر آبی باشد قبل از اعمال، سطح قطعه باید کاملاً خشک باشد. اگر از آشکارساز تر یا پایه آبی استفاده می شود این نوع آشکارساز را می توان بلافاصله پس از برداشتن مایع نافذ اضافی و قبل از فرایند خشک کردن اعمال نمود.

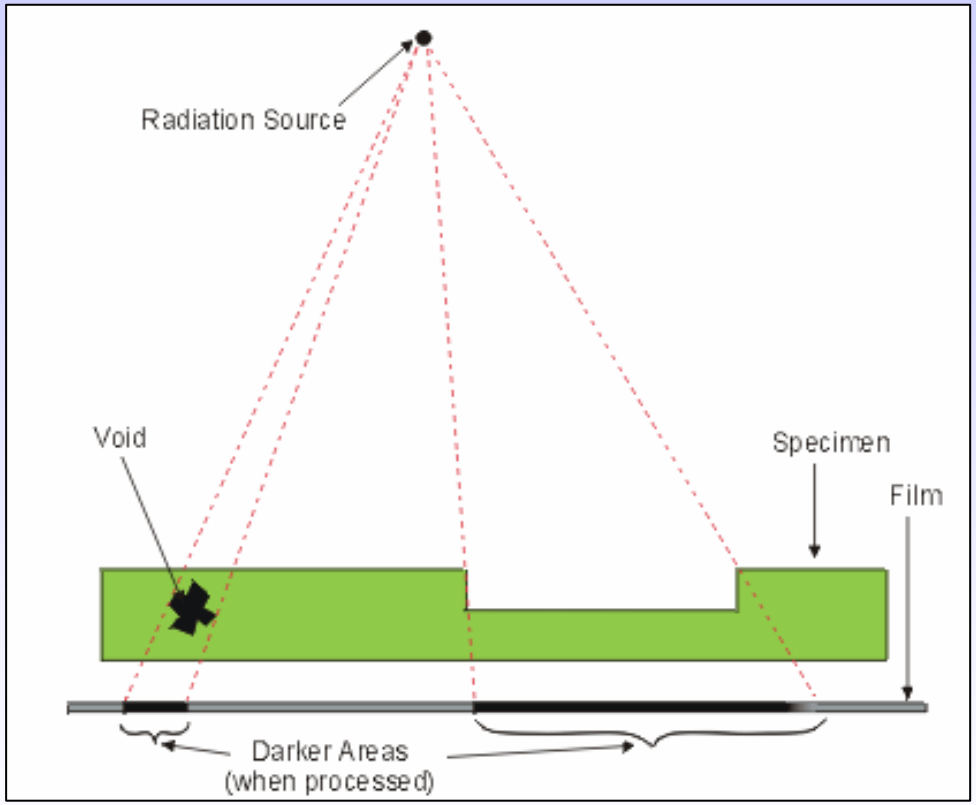
آزمایش PT

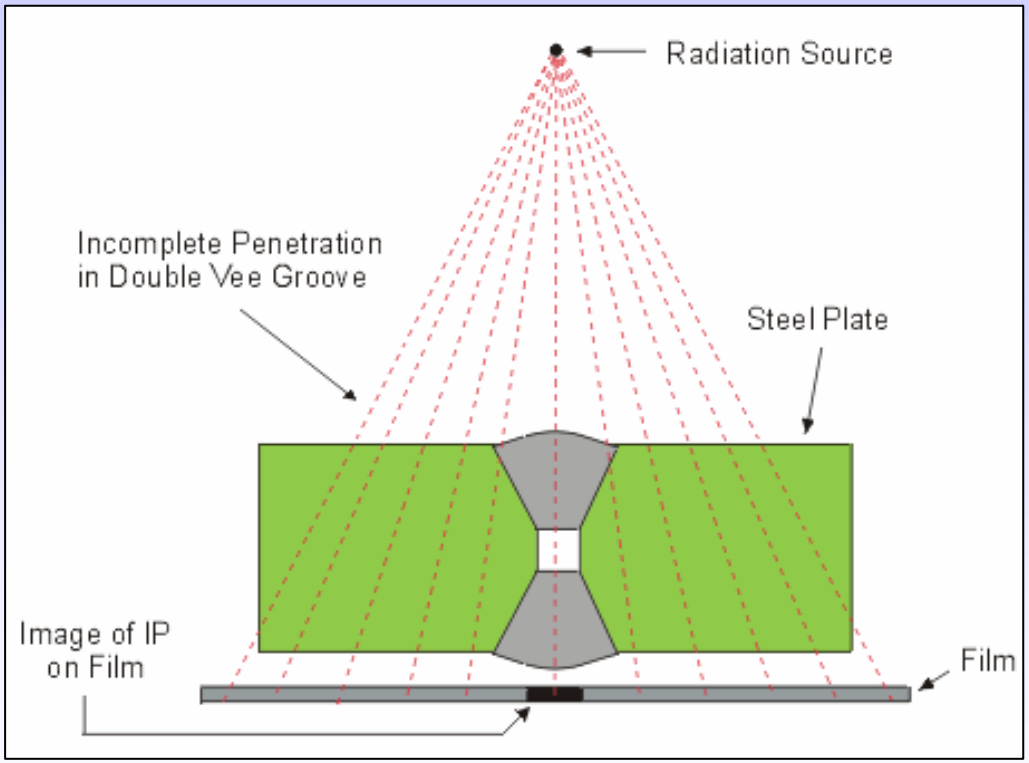
بازرسی توسط پرتونگاری

در پرتونگاری صنعتی، روش معمول برای تهیه یک پرتونگاشت عبارت است از بکارگیری یک چشمه با پرتوهـای نافذ نظیر X و یا γ در یک سمت قطعه و در سمتی دیگر قرار دادن آشکارساز و یا ثبات پرتوها (فیلم. (

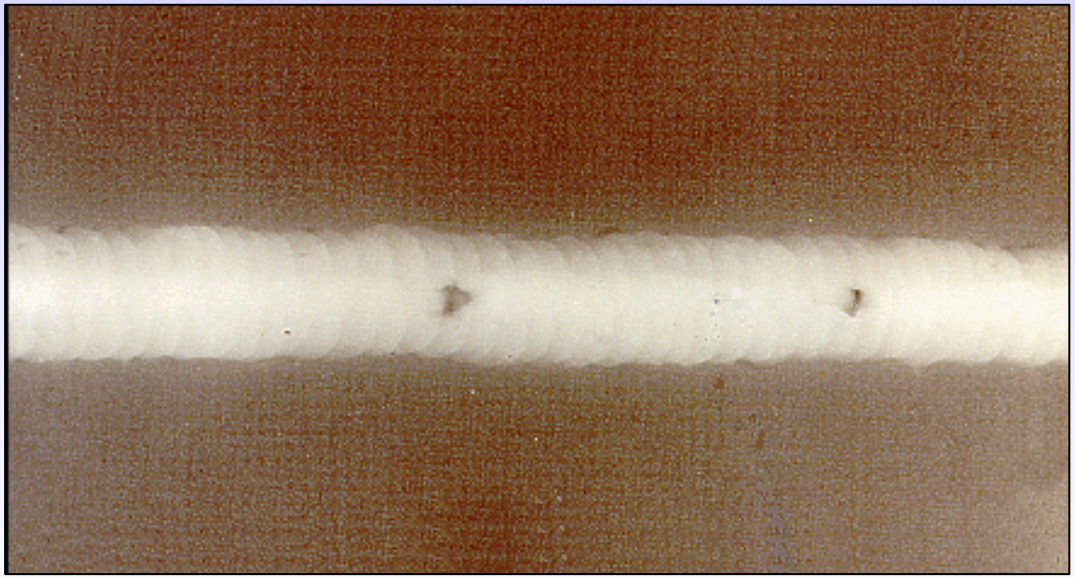
بطور کلی فیلمی که در نگهدارنده‌اش قرار گرفته است در پشت قطعه مورد پرتونگاری به حالت چسبیده قرار می گیرد و بدنبال آن دستگاه پرتو X در وضعیت روشن قرار داده می شود و برای مدتی عمل پرتودهی (تحت عنوان زمان پرتودهی) انجام می گیرد. پس از اتمام پرتودهی فیلم از پشت قطعه برداشته میشود و در تاریکخانه از داخل پوشش یا نگهدارنده خارج می شود و سپس عمل فرآوری فیلم شامل ظهور و ثبوت، شستشو و خشک کردن بر روی آن انجام می گیرد.

اصول پرتونگاری




Radiation Source
Incomplete Penetration
in Double Vee Groove
Steel Plate
Image of IP
on Film
Film

Slag Inclusions

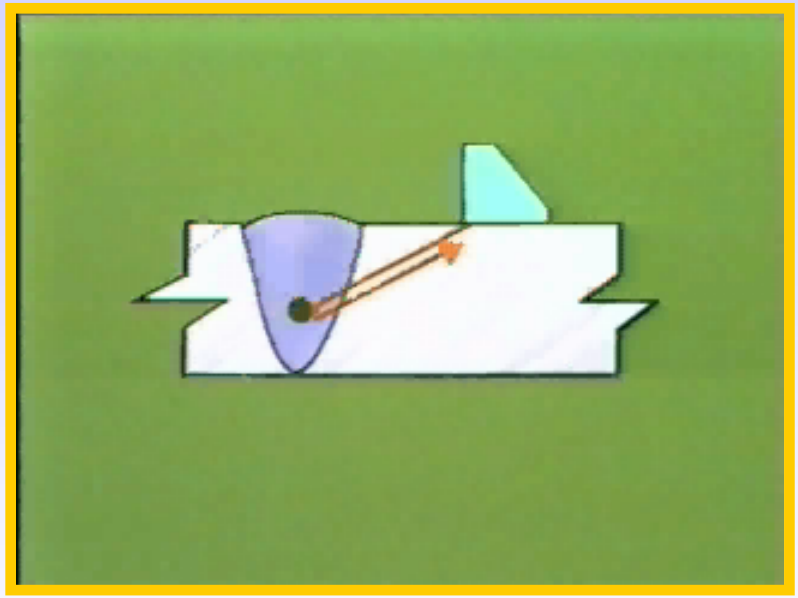


بازرسی به طریق فراصوتی

این روش بر اساس زمانی که امواج فراصوتی از یک ماده مورد آزمایش عبور می کند پایه گذاری شده است .

اگر یک ناپیوستگی در قطعه وجود داشته باشد موج التراسونیک به جای ادامه حرکت به طرف جلو به عقب برمی گردد و زمان کوتاهتری نسبت به قطعه سالم، توسط پراب دریافت می گردد.

آزمایش UT



عدم جوش مناسب بادبند با تیر وستون

31 12 2003

30 12 2003